

MINISTERIO OBRAS PÚBLICAS

BOE 27 octubre 1967, núm. 257, [pág. 14716];

CANALES Y PANTANOS. Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas

Texto:

1º

Se aprueba y declara vigente la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas, preparada por la Comisión de Normas para Grandes Presas y según el texto propuesto por la Dirección General de Obras Hidráulicas.

2º

En lo sucesivo, la Comisión de Normas para Grandes Presas propondrá de oficio, a sugerencia del Comité Nacional Español de Grandes Presas o a requerimiento de la Dirección General de Obras Hidráulicas, la modificación individual de aquellos artículos de la Instrucción que se considere necesario revisar, a la vista de la evolución de la técnica y de las experiencias recogidas de la aplicación de la Instrucción.

**ANEXO**

**Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas**

**CAPÍTULO I**

**Criterios fundamentales**

***Artículo 1. Definiciones.***

**1.1. Grandes presas:**

Son todas las presas de más de 15 metros de altura, según la definición de altura que sigue en 1.5 o las presas entre 10 y 15 metros de altura que respondan a una, al menos, de las condiciones siguientes:

- a) Capacidad de embalse superior a 100.000 metros cúbicos.
- b) Características excepcionales de cimientos o cualquier otra circunstancia que permita calificar la obra como importante para la seguridad o economía pública.

**1.2. Máximo nivel normal de embalse:**

Es el máximo que la superficie del agua puede alcanzar en circunstancias normales de explotación, cuando éstas no exijan el vertido por los aliviaderos.

**1.3. Máximo nivel de embalse en crecidas:**

Es el que la superficie del agua puede alcanzar cuando ocurre la mayor crecida prevista, funcionando el aliviadero sin limitar su capacidad por compuertas.

#### 1.4. Cota de coronación:

Es la más elevada de la estructura resistente de la presa. Si parte de la presa está ocupada por los aliviaderos, se considerará como coronación la de los estribos de aquélla.

#### 1.5. Altura de presa:

Es la diferencia entre la cota de coronación y la del punto más bajo de la superficie general de cimientos, sin tener en cuenta obras circunstanciales, tales como rastrillos, pantallas de impermeabilización o rellenos de grietas.

#### 1.6. Altura sobre el cauce:

Es la diferencia entre la cota de coronación y la del punto más bajo del cauce del río interceptado por el paramento de aguas abajo de la presa.

#### 1.7. Capacidad de embalse:

Es el volumen de agua que puede almacenar el embalse con el máximo nivel normal, según se define en 1.2.

#### 1.8. Período de recurrencia:

Es el intervalo de tiempo en que, según cálculos o deducciones estadísticas, probablemente se reproducirá una determinada avenida.

#### 1.9. Unidades:

Se recomienda utilizar las siguientes:

Cotas: metros sobre el nivel del mar.

Longitud: metros.

Volumen: metros cúbicos.

### ***Artículo 2. Clasificación de las grandes presas.***

2.1. A efectos de referencia o registro se acepta convencionalmente la siguiente clasificación de grandes presas, vigente para el Registro Mundial:

A) Presas de fábrica:	
a) Gravedad	P
b) Contrafuertes	F
c) Bóveda de radio constante	VRC
d) Bóveda de ángulo constante	VAC
e) Bóvedas múltiples	VM
f) Cúpula	C
g) Cúpulas múltiples	DM
B) Presas de Materiales sueltos:	
a) de tierra	T
b) de escollera	E
C) Presas mixtas.	
D) Presas de tipos especiales.	

### ***Artículo 3. Ambito de aplicación.***

3.1. Las normas de carácter general contenidas en esta Instrucción serán aplicables a todos los tipos de grandes presas, según las define el artículo 1. Cada tipo particular deberá cumplir, además, las prescripciones de carácter específico que para él se establecen en el capítulo correspondiente.

3.2. En las presas mixtas, esto es, las que resulten de la combinación de dos o más partes de distinto tipo, cada parte deberá ajustarse a las normas particulares que le correspondan.

3.3. Una presa se puede clasificar como especial ya por su tipo, ya por los procedimientos constructivos, ya por los materiales que hayan de emplearse con técnicas no reguladas por la presente Instrucción. En su proyecto deberá justificarse que el grado de seguridad obtenido no es inferior a los que la presente Instrucción prescribe para las presas no especiales. El proyecto deberá incluir, además, la especificación y justificación detallada de las normas particulares que deben seguirse durante la construcción, puesta en carga y explotación de las obras.

3.4. Siempre que se justifique técnicamente la ausencia de riesgos graves aguas abajo de la obra, la Dirección General de Obras Hidráulicas, previos los asesoramientos que estime oportunos, podrá eximir la total o parcialmente de las prescripciones de esta Instrucción o modificarlas a petición del Ingeniero autor de aquél, del Director de la construcción o explotación o del propietario de la obra. Cuando la obra no alcance los 30 metros de altura y la capacidad de embalse el millón de metros cúbicos, será suficiente para que resuelva la Dirección General de Obras Hidráulicas acerca de la excepción solicitada el informe favorable del Servicio Central que tenga encomendada la vigilancia de las presas.

3.5. Siempre que la capacidad de embalse exceda de los 500 millones de metros cúbicos o cuando la altura de la presa exceda de los 100 metros, si es de fábrica, y los 60 metros en presas de materiales sueltos, para la aprobación de su proyecto y para la resolución de los problemas que puedan plantear su construcción, puesta en carga o explotación, además del cumplimiento de la parte preceptiva de la presente Instrucción, la Dirección General de Obras Hidráulicas, previo informe de los servicios competentes, de la Comisión de Normas de Grandes Presas y del Consejo de Obras Públicas, podrá decidir las prescripciones especiales que deban imponerse.

#### ***Artículo 4. Alcance del proyecto.***

4.1. A todos los efectos del proyecto, construcción, puesta en carga o explotación de una presa, deben tenerse en cuenta las acciones recíprocas que cada uno de los elementos componentes ejerce sobre los demás, en orden a la seguridad del conjunto orgánico, además de la seguridad específica de cada uno de ellos.

4.2. El proyecto deberá incluir el estudio, justificación y definición de la totalidad de los elementos que sin carácter limitativo se enuncian seguidamente:

a) El vaso del embalse.

b) Los terrenos de cimentación y apoyo de estribos.

c) Los sistemas de desviación del río, incluidas las ataguías necesarias.

d) Los sistemas de impermeabilización y drenaje, tanto en la presa como en los cimientos y laderas, con las galerías y conductos que procedan.

e) Los dispositivos de observación del comportamiento funcional y de vigilancia y control técnico de la estructura en todas las fases de la obra.

f) Los aliviaderos, tomas de agua y desagües intermedios y de fondo.

g) Las centrales eléctricas de pie de presa.

h) Las vías de enlace de las obras con la red general de carreteras, así como los accesos desde aquéllas a todos los puntos esenciales de la obra.

i) Las instalaciones de telecomunicación e iluminación, especialmente en las casetas de mecanismos, galerías de inspección, etc.

4.3. El Ingeniero autor del proyecto o el Director de la construcción o de la explotación de la presa, podrán omitir, en los documentos que hayan de tener un proceso meramente administrativo el análisis de algunas de las circunstancias concurrentes en cada uno de los elementos citados.

4.4. La exigencia por parte de la Administración de detalles complementarios a los presentados, no deberá afectar al plazo de tramitación de las autorizaciones solicitadas, salvo en aquellos casos en que, a juicio de aquélla, los datos requeridos sean básicos para juzgar de la seguridad de la estructura y de los eventuales daños para el bien público.

#### ***Artículo 5.Coordinación.***

5.1. El proyecto, la construcción, la puesta en carga y la explotación de las obras, no deben concebirse ni considerarse aisladamente. Por el contrario, las informaciones previas, estudios y cálculos recopilados en el proyecto, deben completarse, ampliarse y contrastarse con los datos realmente obtenidos durante la construcción. En la explotación, incluyendo la puesta en carga, desembalses, etc., deben aprovecharse las experiencias obtenidas sobre el comportamiento de la presa y del terreno, a fin de prever cualquier riesgo eventual y poder adoptar los oportunos remedios.

5.2. Se dejará constancia escrita de las experiencias particulares obtenidas, con el fin de que sean utilizables, posteriormente para el perfeccionamiento de las teorías generales.

5.3. Para conseguir eficacia en los resultados, es indispensable un estrecho contacto informativo entre los Ingenieros que dirijan el proyecto, la construcción, la puesta en carga y la explotación de la obra.

#### ***Artículo 6.Interés nacional.***

6.1. En todo caso deben quedar salvaguardados los intereses nacionales afectados por la construcción de la presa. En consecuencia, al proyectar, construir y explotar estas obras, tanto por parte del Estado y organismos públicos, como por los particulares, deben tenerse presentes las siguientes normas:

a) Buscar la seguridad de las obras contra toda contingencia de daños graves, si bien se eviten innecesarios encarecimientos de coste.

b) Acreditar mediante el correspondiente estudio técnico que el aprovechamiento proyectado resulta coordinable con el integral del río, a fin de que no quede éste condicionado por el del proyecto.

c) Disponer la explotación de las obras de forma que se logre el aprovechamiento máximo de todos los recursos naturales o creados por ellos que puedan contribuir a incrementar la riqueza nacional, aunque tengan carácter secundario respecto del fin principal a que la presa se destina, siempre que ello pueda conseguirse sin perjuicio sensible de éste.

d) Cuidar el aspecto estético de las obras e instalaciones en relación con el paisaje que las rodea, y aprovechar, dentro de las disposiciones legales, las posibilidades del embalse para lograr zonas de esparcimiento, turismo y deporte, en tanto no alteren el normal aprovechamiento para el que fueron proyectadas. Con igual criterio se fijará la elección de canteras y su régimen de explotación, y la ubicación de industrias complementarias de las obras.

## **CAPÍTULO II**

### **Normas para el proyecto de presas**

#### **II A. Normas generales aplicables a todos los tipos de presas**

#### ***Artículo 7.Proyecto previo.***

7.1. Se entenderá por proyecto previo, a los efectos de esta Instrucción, el conjunto de estudios y datos preliminares que se precisen para justificar y definir las obras y sus características, así como el presupuesto correspondiente.

7.2. Será preceptivo un proyecto previo de las presas, para incluirle en la documentación requerida en la programación de planes oficiales o para la tramitación de concesiones administrativas que integren obras afectadas por esta Instrucción.

7.3. El proyecto previo constará de los siguientes documentos:

- a) Memoria.
- b) Planos.
- c) Pliego de condiciones.
- d) Presupuesto.

7.4. En la Memoria se recogerá la documentación referente a los siguientes temas:

- a) Estudio climatológico e hidrológico.
- b) Estudio geológico del embalse y del terreno de ubicación de las obras.
- c) Soluciones alternativas.

7.5. En los planos del proyecto previo quedarán recogidas referencias permanentes planimétricas y altimétricas que permitan identificar la ubicación de la presa, embalse e instalaciones anejas.

#### ***Artículo 8. Proyecto de construcción.***

8.1. Se define como proyecto de construcción, la recopilación de planos y condiciones suficientes para la definición y la ejecución de la obra, bajo dirección técnica calificada, de acuerdo con esta Instrucción y con el estado actual de la técnica.

8.2. Para la construcción de presas o modificación de las existentes, será preceptiva la redacción de un proyecto, que se ajustará al previo, salvo las modificaciones que justifique.

8.3. El proyecto de construcción constará de los siguientes documentos:

- a) Memoria.
- b) Planos.
- c) Pliego de condiciones.
- d) Presupuesto.

8.4. Siempre que en esta Instrucción se cite el proyecto, sin más especificación, se entenderá que hace referencia al proyecto de construcción.

#### ***Artículo 9. Memoria.***

9.1. La Memoria justificará las obras proyectadas.

9.2. El detalle y desarrollo de datos, ensayos y cálculos se recogerá en anexos.

9.3. La Memoria tratará fundamentalmente los siguientes temas, con la profundidad y detalle que requieran la importación y circunstancias de cada presa:

- a) Modificaciones que, por consecuencia de las condiciones naturales o nuevas posibilidades de la técnica, se considere necesario efectuar en relación con el proyecto previo.
- b) Ampliación de los estudios climatológico e hidrológico incluidos en el proyecto previo (artículos 13 y 14).
- c) Ampliación de los estudios del terreno incluidos en el proyecto previo (artículo 15).

- d) Estudio de los recursos disponibles en lo que a materiales de construcción adecuados se refiere (artículo 16).
- e) Estudio de las soluciones posibles, incluidas las del proyecto previo, y comparación de sus características técnicas y económicas (artículo 17).
- f) Estudio de la estabilidad y resistencia de las obras proyectadas.
- g) Estudio hidráulico de los dispositivos de desagüe del embalse (artículos 18, 19 y 20).
- h) Estudio de los dispositivos de control y vigilancia de la obra y del terreno, tanto durante la construcción como en la puesta en carga y la explotación (artículo 22).
- i) Accesos y comunicaciones (artículo 23).
- j) Plazos y procedimientos de construcción (artículo 24).
- k) Normas generales de explotación.

### ***Artículo 10. Planos.***

10.1. Los planos del proyecto serán suficientes para definir las obras y las particularidades del terreno sobre el que se ubiquen.

10.2. Con carácter preceptivo se incluirán los siguientes planos:

- a) Plano de la totalidad de la cuenca hidrográfica.
- b) Plano de situación del embalse a escala no inferior a 1:100.000, con inclusión de las vías de comunicaciones relacionadas con el mismo.
- c) Plano del embalse con curvas de nivel y referido al Norte.  
Se recomienda una escala no inferior a 1:5.000 y una equidistancia no mayor de cinco metros entre curvas de nivel. En todo caso será elegida para obtener un plano manejable.
- d) Plano topográfico de la cerrada, en el que estén indicados los puntos permanentes de referencia. La escala no será inferior a 1:500 y la equidistancia entre curvas de nivel será como máximo dos metros.

Son prácticas recomendables:

Que dicho plano sirva de base para recoger la información geológica propia de la cerrada.

Que este plano -u otro, en su defecto- abarque lo bastante como para comprender los terrenos en que se ubican las instalaciones auxiliares de las obras.

El empleo de una cuadrícula de coordenadas orientada al Norte y apoyada en los puntos permanentes de referencia.

Que la nivelación se enlace con la de precisión del Instituto Geográfico y Catastral.

- e) Planta general de la presa y de las obras con ella relacionadas.

La posición de la presa deberá quedar fijada con relación a los puntos permanentes de referencia o a la cuadrícula de coordenadas.

- f) Plano de excavaciones.

g) Planta, alzados y secciones suficientes para definir con entera claridad la presa y las obras e instalaciones, bien sean permanentes o eventuales relacionadas directamente con ella, con especificación de las fábricas y materiales que correspondan.

Los planos relacionados con la maquinaria a instalar podrán ser modificados cuando se conozcan las

características de la misma.

h) Planos detallados de los dispositivos de impermeabilización (tapiz, pantalla, etc.) y drenaje de la presa y del terreno, si tales trabajos se considerasen necesarios.

i) Planos detallados de las obras de desviación del río durante la construcción.

j) Plano de los dispositivos previstos para el control y vigilancia de la presa.

k) Planos de los accesos a los lugares a los que se considere preciso llegar para la inspección y vigilancia de la obra.

#### ***Artículo 11. Pliego de condiciones.***

11.1. El pliego de condiciones que regulará la ejecución de las obras y las pruebas previstas, dispondrá entre otras, y en forma de articulado, las materias correspondientes a los siguientes apartados:

a) Descripción de cada una de las partes de la obra con referencia a los planos correspondientes.

b) Calidad de los materiales, su posible procedencia y ensayos a que deben someterse.

c) Normas para la elaboración de las distintas fábricas, precauciones necesarias durante la construcción y control de las calidades obtenidas.

d) Normas generales para la ejecución y control de los dispositivos de impermeabilización y drenaje.

e) Normas para la instalación de los dispositivos previstos para el control y vigilancia de la presa.

f) Programación de la obra.

#### ***Artículo 12. Presupuestos.***

12.1. Los presupuestos deberán contener los resultados de las mediciones de las distintas unidades de obra, los cuadros de precios unitarios, los presupuestos parciales de las diversas partes y el presupuesto general de toda la obra.

#### ***Artículo 13. Estudio climatológico.***

13.1. El proyecto de construcción desarrollará el estudio climatológico que preceptivamente ha de incluirse en el proyecto previo. Se complementarán los datos que hayan servido para este último con las observaciones directas obtenidas durante el plazo transcurrido entre la redacción de ambos proyectos.

13.2. El estudio climatológico comprenderá la información necesaria para el estudio hidrológico así como el análisis estadístico de lluvias, nieves, variaciones térmicas y demás variables que interesen al proceso constructivo, a la calidad de la obra o al comportamiento de su estructura.

#### ***Artículo 14. Estudio hidrológico.***

14.1. En el proyecto se recopilará y complementará el conjunto de datos que haya servido de base para el estudio hidrológico del proyecto previo, integrando en aquél las observaciones directas que preceptivamente habrán de obtenerse durante el plazo que transcurra entre la redacción de ambos documentos.

14.2. En relación con los caudales que tengan que considerarse, habrá de incluirse una recopilación de datos históricos.

14.3. El estudio hidrológico no se limitará al análisis de los caudales del río, sino que habrá de evaluar también sus causas determinantes: Precipitaciones, escorrentías, fisiografía, etc.

14.4. La información obtenida tanto referente a las causas climatológicas, lluvias, etc., como de sus

efectos, caudales, aportaciones, hidrogramas, etc., habrá de contrastarse por correlación con otras cuencas, cuando entre ambas no existan condiciones variantes sensibles, como son: Posición fisiográfica del valle, naturaleza geológica y vegetal de la superficie determinante de escorrentías, morfología del cauce, etc.

14.5. El estudio hidrológico se orientará hacia los aspectos siguientes:

- a) El suministro de las cifras básicas para el análisis del rendimiento hidráulico de la obra.
- b) La ponderación de los riesgos consecuentes al establecimiento de la obra, en cuanto a la creación o modificación de las avenidas en su recorrido a lo largo del cauce aguas abajo.
- c) El conocimiento de la influencia que pueden tener las presas de embalse ya construidas en la misma cuenca del río, aguas abajo y aguas arriba de la que se proyecta.

14.6. Se procurará establecer una función entre caudales máximos anuales y períodos de recurrencia, a la cual habrá de llegarse por extrapolación estadística del régimen del río observado directamente, o por deducción mediante la aplicación de coeficientes adecuados a la superficie de la cuenca receptora, íntimamente unidos a sus características altimétricas, climatológicas, geológicas, fisiográficas, etc. Cuando ambos procedimientos sean posibles, los resultados habrán de cotejarse. En todo caso es obligado una ponderación meticulosa de los resultados finales, habida cuenta de la debilidad de los métodos a nuestro alcance.

14.7. A efectos de la capacidad del sistema de desagüe (artículo 18) se denominará «avenida máxima» aquella cuyo período de recurrencia sea de quinientos años. A los mismos efectos llamaremos «avenida normal» aquella cuyo período de recurrencia sea como máximo de cincuenta años, pero calculada siempre con vistas a no alterar de modo esencial las condiciones del riesgo preexistente. Podrá ser mayor en el caso de que inmediatamente aguas abajo del emplazamiento de la presa, existiera un embalse de capacidad suficiente para laminar la avenida prevista, o por otras circunstancias que se justificarán debidamente.

14.8. Se preverán las incidencias hidrológicas durante el proceso de construcción de la presa, y en particular el estudio de la desviación del río para hacer posible la cimentación de la obra.

#### ***Artículo 15. Estudio del terreno.***

15.1. El Ingeniero autor del proyecto, asistido si lo considera necesario por expertos en la materia, deberá comprobar que el terreno es capaz de resistir las solicitaciones de tipo mecánico o hidráulico impuestas por la presa, por el embalse y por el funcionamiento del sistema. En consecuencia, el estudio del terreno deberá extenderse a la cerrada, al vaso y a la zona aguas abajo afectada por los desagües de la obra.

15.2. Además del estudio geológico en la superficie, se harán reconocimientos directos en profundidad, mediante galerías, pozos, sondeos u otros medios de prospección complementados cuando el Ingeniero autor del proyecto lo estime conveniente, con ensayos geotécnicos para determinar las características mecánicas del terreno.

En lo posible, se procurará que al menos parte de las obras de reconocimiento puedan ser incorporadas a la obra definitiva, sirviendo así de elementos de control y vigilancia para registrar posibles anomalías en el comportamiento del terreno o de la presa, en las filtraciones, niveles, freáticos, etc.

15.3. Los ensayos y pruebas que se realicen para determinar las características mecánicas del terreno, cuando sean precisos, se harán en colaboración con un laboratorio o Centro especializado de reconocida solvencia.

15.4. Deberán estudiarse las características sísmicas de la zona donde esté ubicada la presa, justificándose debidamente si procede o no tener en cuenta sus efectos en el cálculo de la presa.

#### ***Artículo 16. Estudio de disponibilidad de materiales.***

16.1. En el proyecto deberá justificarse, mediante reconocimientos y ensayos, que las prescripciones exigidas para los materiales naturales por las características de la obra y que el pliego de condiciones

recoge, pueden satisfacerse con productos procedentes de yacimientos o canteras situadas en la comarca.

16.2. Se justificará que los yacimientos o canteras contienen materiales suficientes para ejecutar con amplitud toda la obra de la presa, y se pondrán a disposición de los constructores los resultados de ensayos y reconocimientos, así como los planos de situación de los posibles yacimientos de materiales naturales.

#### ***Artículo 17. Elección del tipo y características de la presa.***

17.1. La elección del tipo de presa debe estar precedida de un concienzudo estudio comparativo de soluciones posibles, en su triple aspecto estructural, hidráulico y económico.

Las consideraciones geológicas y la clase de materiales naturales disponibles en las proximidades de la obra habrán de tener, en la mayoría de los casos, un peso decisivo en la elección. Análoga importancia habrá de concederse muchas veces al condicionamiento que sobre el tipo de presa pueden establecer las exigencias del aliviadero.

17.2. Entre las soluciones que se consideren, no podrán omitirse aquellas que supongan un aprovechamiento exhaustivo de los recursos naturales, sean éstos las cerradas disponibles o los potenciales hidrológicos. En el supuesto de que los citados recursos fuesen superiores a los aprovechados por el fin inmediato de la obra, deberá incluirse justificación económica de la inversión que requiere el aprovechamiento que se propone, que no ha de ser incompatible con las obras que exija más tarde aquel aprovechamiento exhaustivo.

#### ***Artículo 18. Capacidad del sistema de desagüe. Influencia del embalse.***

18.1. Conocida la avenida máxima, se deberá definir, con criterio de actuación coordinada, los medios de evacuación o laminación convenientes, como son los desagües controlados por compuertas: De fondo, intermedios o de superficie; los desagües de sección acotada pero sin compuertas; los aliviaderos de lámina libre y el resguardo del embalse. Se exceptúa el caudal evacuado por la central de pie de presa, si existiera, y por las diversas tomas de agua con fines industriales o de regadío, salvo casos muy especiales que se justificarán debidamente.

18.2. En todo caso, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- a) La suma de los caudales que puedan ser evacuados por todos los dispositivos sujetos a control, con el embalse a su máximo nivel normal, no será nunca superior al caudal de la avenida normal.
- b) La altura de la presa asegurará un resguardo que permita la laminación del caudal de la avenida máxima, y su evacuación con los desagües de que se disponga.

18.3. Se considerará la posibilidad de reducir el riesgo aguas abajo de la presa mediante el resguardo del embalse, aliviaderos de sección limitada u otros medios cualesquiera y se proveerá su repercusión económica en la rentabilidad de la obra.

18.4. Todos los dispositivos de desagüe se proyectarán con la condición de no dar lugar a erosiones, ni en el cauce, ni en las laderas, que pudieran poner en peligro la estabilidad de la presa.

18.5. Para la solución de los problemas hidráulicos que puedan plantearse en todos los dispositivos de desagüe, es recomendable su estudio y comprobación en modelo reducido cuando sus características hayan sido sancionadas por la práctica; en caso de que no lo hayan sido o bien cuando existan circunstancias especiales, este ensayo en modelo reducido será obligatorio; deberá realizarse siempre en colaboración con un laboratorio oficial o Centro de reconocida solvencia y sus resultados se incorporarán al proyecto.

#### ***Artículo 19. Aliviaderos.***

19.1. La capacidad de desagüe de los aliviaderos se determinará como se preceptúa en el artículo 18.

19.2. Los aliviaderos dotados de compuertas estarán divididos al menos en dos vanos.

19.3. Las compuertas de los aliviaderos deberán poderse maniobrar con energía procedente de dos fuentes distintas y accionarse también a mano.

19.4. Si se instalan compuertas automáticas, el número de las mismas no podrá exceder de la mitad del total de las proyectadas. Deberán estar provistas de dispositivos que les permitan comprobar su automatismo sea cualquiera el nivel del embalse.

19.5. El estudio del desagüe de una avenida, cuyo período de recurrencia no sea inferior a cien años, será preceptivo para el caso en que esté averiada y cerrada una de las compuertas del aliviadero. Para esta circunstancia se tendrá en cuenta:

a) El efecto laminador del embalse entre los niveles máximos normal y de crecidas.

b) El caudal evacuado sobre la compuerta averiada.

c) Los caudales que puedan evacuarse por otros órganos de desagüe, hasta el límite con el que pueda garantizarse su funcionamiento, de acuerdo con el nivel del embalse.

También se podrá considerar la posibilidad de incrementar la capacidad de desagüe por sistemas de emergencia.

#### ***Artículo 20.Desagües profundos.***

20.1. Se denominan «desagües profundos» aquellos cuyo dintel de toma está a cota inferior a la del umbral más bajo de los desagües de superficie.

Los desagües profundos pueden servir para controlar el nivel del embalse y permitir su vaciado en un tiempo prudencial.

Cuando el desagüe profundo esté situado de forma que la capacidad de embalse que queda por debajo de la cota del umbral en su toma resulta despreciable respecto a la capacidad total, se denominará «desagüe de fondo». En caso contrario, se llamará «desagüe intermedio».

20.2. La capacidad de los desagües profundos, con el nivel del embalse a la mitad de la altura de la presa, cumplirá las siguientes condiciones:

a) Los desagües de fondo tendrán como capacidad mínima el caudal medio del río.

b) Cuando el embalse alimente una central eléctrica, siempre que se pueda garantizar en todo momento el consumo de la energía producida, se computarán las turbinas como desagües intermedios, cuando una cualquiera de las mismas se halle fuera de servicio.

c) Cuando el embalse alimente otras tomas de agua para riego, abastecimientos, etc., siempre y cuando tengan una seguridad en su servicio, podrán también computarse, en su totalidad, como desagües intermedios.

d) Cuando la suma de las capacidades de los desagües de fondo, central y tomas, no alcance a tener, en total, un valor triple del caudal medio del río se proyectarán desagües adicionales intermedios hasta alcanzar dicho valor.

20.3. Todos los desagües profundos se proyectarán para poder funcionar correctamente con la carga total del embalse, tanto en su apertura como en su cierre.

20.4. En cada presa se proyectarán como mínimo dos desagües de fondo.

20.5. Todos los desagües profundos estarán provistos de doble cierre, y deberán poderse accionar a mano y mecánicamente con energía procedente de dos fuentes distintas.

Para fijar la disposición y dimensiones de los desagües se recomienda tener en cuenta las «Recomendaciones provisionales para el proyecto de construcción de los desagües profundos de las presas», publicado por el Centro de Estudios Hidrográficos en el número 29 de la Sección de Normas

Técnicas del mes de julio de 1964 (que no hemos visto en el BOE).

***Artículo 21. Centrales de pie de presa.***

21.1. En caso de que el embalse haya de alimentar directamente una central hidroeléctrica, deberán figurar en el proyecto los datos fundamentales de este aprovechamiento, y especialmente el máximo caudal utilizable.

21.2. Se definirán en el proyecto de la presa aquellos elementos de la central o de sus circuitos de alimentación y desagüe que puedan influir en el comportamiento general de la presa.

***Artículo 22. Sistema de auscultación y vigilancia. Aforos.***

22.1. Se proyectará el sistema de control necesario para conocer en todo momento el comportamiento de la presa y del terreno en relación con las previsiones del proyecto durante las fases de construcción, puesta en carga y explotación.

22.2. En todas las presas será obligatorio disponer un sistema de control de desplazamientos que, como mínimo, debe constar de:

a) Una colimación en la coronación o en una galería alta que abarque toda la longitud de la presa.

b) Una nivelación de los puntos más importantes de la estructura.

22.3. Es recomendable en las presas cuya altura sea mayor de 100 metros y obligatorio en las presas, bóvedas y cúpula mayores de 50 metros establecer una red geodésica para medición de los corrimientos absolutos de presa y laderas.

22.4. En todas las presas cuya estabilidad dependa de modo notable de las presiones intersticiales, se establecerá un sistema de medición de tales presiones.

22.5. En el proyecto se especificarán los criterios convenientes para la vigilancia de las filtraciones que en principio se prevean, así como los dispositivos para su aforo durante la explotación de la presa.

22.6. Las galerías y cámaras de mecanismos habrán de ser fácilmente practicables, estarán iluminadas y perfectamente ventiladas. Para acceder a ellas se proyectarán en las presas de más de 50 metros de altura ascensores o caminos para vehículos, salvo casos especiales, que se justificarán debidamente.

22.7. Deberán preverse en el proyecto las instalaciones y dispositivos necesarios para aforar tanto los caudales principales afluentes al embalse como los desagües de él.

***Artículo 23. Accesos y comunicaciones.***

23.1. El proyecto considerará, en sus líneas generales, los accesos para la construcción y conservación de la presa.

23.2. Se preverá la telecomunicación del centro de vigilancia de la presa con los servicios de explotación y con la red nacional.

23.3. Todo embalse importante dispondrá, salvo justificación especial, de un medio de comunicación eficaz con los poblados situados inmediatamente aguas abajo de la presa.

***Artículo 24. Plazos y procedimientos de construcción.***

24.1. Se fijarán en el proyecto los plazos de ejecución del conjunto de la obra y de cada una de sus partes principales, incluyendo las obras de desviación e instalación de los dispositivos de desagüe.

24.2. Se preverán asimismo la desviación del río y el orden de ejecución de los elementos de la presa, en la medida en que puedan afectar a la evacuación de las avenidas probables.

24.3. En el proyecto se exigirá que las propuestas de los constructores que liciten en la construcción de la presa vayan acompañadas de un estudio de ejecución, en el que se justifique como con los medios, maquinaria y personal previstos puede realizarse la obra conforme a los plazos y prescripciones señalados en el pliego de condiciones técnicas.

***Artículo 25. Tramitación del proyecto.***

25.1. Los Organismos competentes del Ministerio de Obras Públicas, encargados de la revisión técnica del proyecto, comprobarán si éste se ajusta a las normas vigentes y a las prescripciones técnicas que hubiesen figurado en la correspondiente concesión.

25.2. Las deficiencias subsanables que pudieran apreciarse, bien por cuestión de forma, bien porque algún documento quedara incompleto, serán subsanadas en el plazo que señalen los Organismos encargados de la revisión.

25.3. La Dirección General de Obras Hidráulicas, cumplidos los trámites anteriores y a la vista de los informes pertinentes, resolverá sobre la aprobación de proyecto.

25.4. Las modificaciones de detalle que se pretendiera introducir respecto al proyecto, antes o durante su construcción, deberán ser notificadas previamente a la Comisaría de Aguas u Organismo oficial encargado de la inspección, la cual resolverá, si es de su competencia o, en caso contrario, tramitar a la Dirección General de Obras Hidráulicas la solicitud de modificación.

**II B. Normas particulares aplicables a presas de fábrica**

***Artículo 26. Definiciones y clasificación.***

26.1. Son presas de fábrica las constituidas por hormigón o mampostería.

26.2. Las presas de fábrica, a efectos de referencia y registro, se clasifican en los siete grupos indicados en el artículo 2 de esta Instrucción.

***Artículo 27. Solicitaciones a considerar.***

27.1. En el proyecto de una presa de fábrica se tendrán en cuenta las siguientes solicitaciones:

- a) Peso propio (art. 28).
- b) Empujes hidráulicos (art. 29).
- c) Presión intersticial (art. 30).
- d) Efecto del oleaje (art. 31).
- e) Empuje de los aterramientos (art. 32).
- f) Acción del hielo (art. 33).
- g) Efectos sísmicos (art. 34).
- h) Variaciones de temperatura (art. 36).
- i) Otras solicitaciones (art. 37).

***Artículo 28. Peso propio.***

28.1. La densidad aparente de la fábrica se justificará mediante ensayos realizados en condiciones análogas a las previstas durante la construcción. En la redacción del proyecto podrá atribuirse a la mampostería una densidad aparente igual a la conseguida en otras obras construidas con materiales similares. Por igual criterio, se podrá efectuar el cálculo de las presas de hormigón con una densidad

aparente de 2,3 toneladas/metro cúbico.

28.2. Si el proceso constructivo de la obra o la posición de las juntas de construcción pudieran tener influencia en el reparto tensional, será preciso tener en cuenta tales factores al calcular las tensiones debidas al peso propio.

28.3. Durante el curso de las obras deberá comprobarse periódicamente la densidad aparente de la fábrica conseguida, y si resultara inferior a la supuesta en más del 2 por 100, deberá comprobarse si ello afecta a la seguridad de la obra.

#### ***Artículo 29. Empujes hidráulicos.***

29.1. Se calcularán los empujes hidrostáticos sobre la presa correspondientes al máximo nivel normal del embalse (situación normal A2) y a la máxima sobre-elevación previsible (situación accidental B23) (art. 38).

29.2. El peso específico del agua para el cálculo de los empujes hidrostáticos será considerado normalmente igual a la unidad. Deberán tenerse en cuenta pesos específicos superiores, determinados experimentalmente, en aquellos casos en que el agua contenga una fuerte proporción de elementos en suspensión.

29.3. En las presas vertedero se tendrán en cuenta las presiones dinámicas sobre los paramentos al funcionar el aliviadero cuando este efecto sea desfavorable.

#### ***Artículo 30. Presión intersticial. Subpresión.***

30.1. La presión de los fluidos que llenan los poros de la fábrica y de los terrenos actúa disminuyendo las presiones efectivas entre las partículas sólidas de los mismos y alterando, por lo tanto, la estabilidad y resistencia de aquéllos. Su efecto puede estudiarse introduciendo en el estado tensional las fuerzas de masa derivadas del gradiente de presión.

Tal procedimiento, sin embargo, suele conducir a cálculos muy complejos, por lo cual, se recurre, en general, a comprobar la estabilidad de la presa o del terreno en el que se apoya, estudiando el posible deslizamiento según un cierto número de superficies elegidas por consideraciones teóricas, así como según todas aquellas que presenten circunstancias de debilidad particular, tales como la superficie de cimentación, las juntas de trabajo en las fábricas, fallas, diaclasas, estratos blandos o permeables en el terreno, etc.

En todas estas comprobaciones se supondrá, salvo justificación especial, que la presión intersticial actúa sobre la totalidad del área considerada, lo que equivale a estimar como nula el área de contacto efectivo entre partículas.

30.2. Además de las comprobaciones particulares para cada tipo de presa, indicadas en su lugar, en la fábrica se considerará el efecto de la presión intersticial en planos horizontales o subhorizontales. La presión intersticial que actúa sobre estos planos, tanto en el interior de la fábrica como en el terreno, recibe el nombre específico de «subpresión».

30.3. Para conocer las presiones intersticiales es necesario, en principio, determinar la red de filtración, lo cual puede hacerse por medios analíticos, gráficos o experimentales (modelos, analogía eléctrica, etc.).

30.4. Al determinar la red de filtración será preciso no sólo tener en cuenta los coeficientes de permeabilidad de las diferentes clases de fábrica o terrenos, sino también establecer las hipótesis más desfavorables para la seguridad de la presa en relación con la influencia de posibles heterogeneidades, defectos, fisuras, juntas de trabajo, obturación de drenes o paramentos por incrustaciones o por hielo, diferencias de permeabilidad originadas por el estado tensional, etc. También se tendrá siempre en cuenta la anisotropía de la fábrica y, en particular, las posibles consecuencias de la permeabilidad, fisuración o rotura de los conductos a presión alojados en las fábricas, terrenos del cimiento o estribos.

30.5. Toda la incertidumbre que sobre la forma de la red de filtración implican estas circunstancias repercute en la magnitud probable de las presiones intersticiales y, por lo tanto, en la valoración del

coeficiente de seguridad de la presa. Son, pues, muy recomendables todas las medidas que tiendan a reducir el valor absoluto de esas presiones, con lo que se disminuye así la influencia relativa de sus variaciones sobre la estabilidad de la obra. Entre estas medidas, las galerías, los drenajes y las inyecciones contribuyen de manera decisiva a la seguridad de la presa.

30.6. Partiendo de que es difícil la evaluación de la presión intersticial, sólo si se adoptan todas las medidas anteriores, podrá aceptarse que se estime dicha presión, mediante las reglas empíricas admitidas para cada tipo de presa.

30.7. En todo caso, es necesario prever dispositivos que permitan medir e interpretar las presiones intersticiales durante la explotación y comprobar su efecto sobre la estabilidad de la obra.

Para ello es recomendable proyectar galerías u otros conductos, que además de medir estas presiones, permitan reducirlas.

### ***Artículo 31.Efectos del oleaje.***

31.1. Cuando la dirección e intensidad de los vientos reinantes o dominantes y su orientación en relación con el embalse, así como la longitud de éste y su posición respecto de la presa lo requieran, se determinará la altura máxima previsible de las olas y sus efectos dinámicos sobre el paramento.

31.2. En casos particulares, se considerará la posibilidad de que se presenten aludes o corrimientos del terreno sobre el embalse que pudieran ocasionar un oleaje extraordinario.

### ***Artículo 32.Empuje de los aterramientos.***

32.1. En el proyecto se justificará debidamente la altura que pudieran alcanzar los aterramientos en un período de explotación de cien años. El empuje que producen estos aterramientos se calculará según las teorías de la mecánica del suelo. A falta de datos experimentales, siempre muy recomendables, se considerará en la zona del aterramiento un empuje horizontal equivalente a la presión hidrostática incrementada en 0,4 toneladas/metro cúbico, y un empuje vertical igual al producido por un líquido de densidad 2.

### ***Artículo 33.Acción del hielo.***

33.1. Cuando las condiciones climatológicas hagan previsible la formación de una capa de hielo de espesor mayor de 20 centímetros en la superficie del embalse, se considerará que sobre la proyección vertical del área de contacto del hielo con el paramento actúa una presión suplementaria de un kilogramo/centímetro cuadrado. Cuando el paramento de aguas arriba sea muy tendido o las laderas próximas a la presa tengan pendientes moderadas, podrán aplicarse coeficientes de reducción a las cifras anteriores.

### ***Artículo 34.Efectos sísmicos.***

34.1. En lo que atañe a estos efectos, el territorio nacional se considerará dividido en tres zonas de baja, media y alta sismicidad, según el plano que se adjunta.

#### ***Ver imagen RCL\1967\2039[1.A] del anexo***

34.2. En la zona de baja sismicidad no es necesario tener en cuenta las posibles acciones sísmicas.

34.3. En la zona de sismicidad media se calcularán las estructuras y dispositivos, cuyo buen funcionamiento es vital para la seguridad de la presa, como los aliviaderos, etc., en forma que resistan una aceleración sísmica horizontal, igual a la máxima probable, en quinientos años, y otra vertical con un valor igual a la mitad de la horizontal. En el caso de no conocerse dicha aceleración probable, se adoptará para la componente horizontal, un valor comprendido entre el 5 y el 10 por 100 de la aceleración de la gravedad, y para la vertical, la mitad de la horizontal.

34.4. En las zonas de alta sismicidad, el Ingeniero autor del proyecto, asistido si lo cree necesario por

expertos en la materia, realizará un estudio sismológico y tectónico que justifique las acciones previsibles. Para presas bóveda, cúpula o de contrafuertes será preceptivo el cálculo dinámico, teniendo en cuenta los posibles modos de vibración de la estructura. Lo mismo habrá de hacerse para presas de gravedad de altura superior a los 100 metros sobre cimientos. También deberán preverse los posibles movimientos del terreno en el vaso, cerrada y zonas que les afecten.

34.5. Las acciones sísmicas horizontales y verticales se considerarán, que separada y conjuntamente, actúan en la dirección más desfavorable. No se tendrá en cuenta la coincidencia con temporales o avenidas extraordinarias.

34.6. Los efectos hidrodinámicos del agua embalsada se podrán calcular según las fórmulas simplificadas de Westergaard.

34.7. En las presas de gran importancia estructural y situadas en regiones de alta sismicidad deben instalarse sismógrafos o sismocopios en zonas características de las mismas.

Conviene estudiar los posibles fenómenos de resonancia en el agua embalsada.

#### ***Artículo 35. Retracción.***

35.1. En el cálculo de la estabilidad de la presa se podrá prescindir del efecto de la retracción, siempre que en los métodos de construcción se prevean las precauciones que se indican para cada tipo de presa.

#### ***Artículo 36. Variaciones de temperatura.***

36.1. Los esfuerzos, debidos a la dilatación y contracción del hormigón causados por las variaciones de la temperatura exterior, se deducirán tomando como base las condiciones climatológicas de la región y las características térmicas del hormigón.

36.2. La amplitud de las variaciones térmicas generales a tener en cuenta será la correspondiente a la variación de las medidas mensuales de temperatura, tanto del ambiente como del agua embalsada. En la proximidad de los paramentos de la presa se considerará la variación diaria.

36.3. En presas de dimensiones excepcionales, las variaciones de temperatura del hormigón que hay que considerar en los cálculos de estabilidad se establecerán, dentro de cada sección, como la diferencia entre la temperatura prevista en el hormigón al proceder al cierre de las juntas y la distribución de la temperatura correspondiente al fin del período frío anual por una parte y al fin del período cálido anual por otra. Para ello se tendrán en cuenta las características climáticas, la probable fluctuación de temperaturas del agua embalsada y la acción de los rayos solares.

En los casos normales será admisible la simplificación de calcular los esfuerzos térmicos, considerando la distribución de temperaturas en la presa como uniforme en el sentido del espesor y variable de una sección a otra, según la ley empírica.

$$D d = DT / 1 + 0,3e$$

en donde  $e$  es el espesor de la presa, en metros, en la sección considerada;  $DT$  y  $D d$  son, respectivamente, el incremento máximo de la temperatura ambiente (media mensual) y el de la temperatura virtual utilizable para el cálculo de las tensiones, referidos ambos a la temperatura prevista de la presa, en el momento del cierre de las juntas.

36.4. El proyecto de presas bóveda o cúpula ha de precisar la temperatura a que se han de cerrar las juntas, y estudiará, en alternativa, las posibilidades que ofrece la refrigeración artificial o natural del hormigón, en relación con la época del año en que dicho cierre se lleve a cabo.

#### ***Artículo 37. Otras solicitaciones.***

37.1. En casos especiales se tendrán en cuenta:

a) Vibraciones o esfuerzos dinámicos producidos por el funcionamiento de aliviaderos y órganos de

desagüe.

b) Impactos directos sobre la presa de posibles aludes o corrimientos del terreno.

Dado que estas solicitaciones son difícilmente evaluables, siempre será recomendable eliminarlas o, al menos, atenuarlas.

### ***Artículo 38. Combinación de solicitaciones.***

38.1. La estabilidad de la presa y sus tensiones internas máximas se determinará por lo menos en seis situaciones distintas, dos normales y cuatro accidentales.

38.2. Las situaciones normales son:

A1 Embalse vacío: se considerará la combinación de las solicitaciones del peso propio y de las variaciones de temperatura.

A2 Embalse lleno: se considerará la combinación de las solicitaciones del peso propio, empuje hidrostático, presión intersticial, empuje de los aterramientos, empuje del hielo o de las olas producidas por el viento y variaciones de temperaturas. El empuje hidrostático y la presión intersticial serán los que correspondan al máximo nivel normal de embalse.

38.3. Las situaciones accidentales son:

B11 La originada por sacudidas sísmicas unida a las solicitaciones consideradas en la situación A2.

B21 Situación A2 suponiendo ineficaces los drenes.

B22 La originada por sacudidas sísmicas unida a las solicitaciones consideradas en la situación A2. Se supondrá que las presiones intersticiales no son afectadas por tales sacudidas. Podrá prescindirse del empuje del hielo o de las olas producidas por el viento, en su caso.

B23 Situación A2 con la máxima sobre-elevación previsible en el nivel del embalse, incluyendo la acción del oleaje extraordinario indicado en el artículo 31. Se supondrá que las presiones intersticiales no son afectadas por la sobre-elevación del embalse. Se prescindirá del empuje del hielo.

38.4. Se prescindirá de las solicitaciones no aplicables al tipo de presa considerado o a las condiciones particulares del caso.

### ***Artículo 39. Estabilidad estática de la presa.***

39.1. En las presas de fábrica se comprobará la estabilidad frente a un posible deslizamiento, según superficies que corten el terreno, incluyendo o no el contacto con la presa y sean desfavorables a dicho efecto. Se justificará en cada caso:

a) Que se ha comprobado la seguridad frente al deslizamiento según las superficies más desfavorables.

b) Que, antes de iniciarse el deslizamiento, se transmiten las fuerzas a todo el terreno que se considere afectado por aquél; y

c) Que se han previsto las medidas necesarias para garantizar durante la vida de la presa la permanencia de los terrenos que se oponen al deslizamiento.

39.2. En las situaciones normales A1 y A2 se comprobará que las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento, según las superficies consideradas, son inferiores a las fuerzas que se oponen a aquél, calculadas éstas con una minoración de 1,5 para los coeficientes de rozamiento, y de 5 para las cohesiones, determinadas según dichas superficies.

39.3. En las situaciones accidentales B11, B21, B22, B23 se comprobará la estabilidad frente al deslizamiento con unos factores de minoración iguales a 1,2 y 4 para los coeficientes de rozamiento y cohesiones, respectivamente.

#### ***Artículo 40. Estabilidad elástica de la presa.***

40.1. El régimen de tensiones de la presa se determinará aplicando los principios de la teoría de la elasticidad o los clásicos de la resistencia de materiales.

Para las presas de gran altura se recomienda comprobar el comportamiento de la obra mediante ensayos mecánicos en modelo reducido. Estos ensayos se harán siempre en colaboración con un laboratorio oficial o centro de reconocida solvencia y sus resultados se incorporarán al proyecto.

40.2. El proyecto deberá señalar los coeficientes de seguridad adoptados para las tensiones internas, en relación con la resistencia característica del hormigón definida en el artículo 41.

40.3. Se exigirán, como mínimo, los siguientes coeficientes de seguridad en relación con la resistencia característica del hormigón a los noventa días.

A compresión:

4 (cuatro) en las situaciones normales A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

3 (tres) en las situaciones accidentales B<sub>11</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>23</sub>.

A tracción:

3 (tres) en las situaciones normales A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

2 (dos) en las situaciones accidentales B<sub>11</sub>, B<sub>21</sub>, B<sub>22</sub>, B<sub>23</sub>.

40.4. Cuando la desviación media cuadrática de los resultados de los ensayos a rotura del hormigón sea inferior al 15 por 100, los coeficientes de seguridad señalados podrán reducirse en un 20 por 100.

40.5. Salvo justificación suficiente, las cargas de trabajo a compresión en la presa no rebasarán los 80 kilogramos/centímetro cuadrado y en ningún caso sobrepasarán los 100 kilogramos/centímetro cuadrado en situaciones normales ni los 120 kilogramos/centímetro cuadrado en las accidentales.

40.6. No se admitirán cargas de tracción superiores a 10 kilogramos/centímetro cuadrado en situaciones normales, salvo en las presas bóveda o cúpula en situación A<sub>1</sub>, en que podrán alcanzar hasta 15 kilogramos/centímetro cuadrado. En las situaciones accidentales podrán admitirse cargas límite superiores en un 20 por 100 a las señaladas.

40.7. No se admitirán tracciones en las presas de mampostería.

40.8. Tratándose de presas de gravedad macizas o aligeradas y en las situaciones normales A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, no deben aparecer tracciones en la hipótesis de variación lineal de tensiones.

#### ***Artículo 41. Cargas de rotura del hormigón.***

41.1. Se define como resistencia característica de un hormigón en obra el valor que se obtiene a partir de una serie de n ensayos de resistencia en probetas, al multiplicar por dos la media aritmética de los n/2 resultados más bajos y restar después la media aritmética del conjunto de los n resultados. Si el número n es impar, se prescindirá del valor mediano.

Esta resistencia característica estará referida a ensayos de compresión realizados sobre un mínimo de seis probetas de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura, de noventa días de edad, fabricadas y conservadas en obra con arreglo al método de ensayo UNE 7.240 y rotas por compresión según el método de ensayo UNE 7.242.

Los ensayos de control del hormigón en obra podrán realizarse en probetas cilíndricas, prismáticas o cúbicas, de dimensiones distintas a las citadas, como se indica en el artículo 85, previa determinación de los coeficientes de correlación entre las resistencias del hormigón en las probetas empleadas en obra y la resistencia característica antes definida.

Se recomienda realizar el control de resistencia del hormigón en obra con ensayos de rotura a siete y

veintiocho días, una vez conocida la ley de crecimiento de la resistencia a la compresión hasta los noventa días para cada tipo de hormigón.

41.2. No se admitirán como elementos resistentes de las obras hormigones cuya carga de rotura característica a compresión sea inferior a 100 kilogramos/centímetro cuadrado.

41.3. A falta de ensayos específicos, la resistencia a la tracción del hormigón se considerará igual a la décima parte de la comprobada para la compresión.

41.4. Cuando para comprobar la calidad del hormigón se saquen probetas testigo de la obra ejecutada, su diámetro no será inferior al triple del tamaño máximo del árido contenido en aquella. Se tomarán las precauciones necesarias para que la probeta no resulte dañada.

#### ***Artículo 42. Resistencia de cimientos.***

42.1. Para valorar la resistencia de los cimientos de la presa, se tendrá en cuenta la naturaleza y la estructura tanto del terreno de apoyo directo como de todo aquel que pueda afectar a la estabilidad de la presa.

42.2. Cuando el terreno de cimentación presente discontinuidades en sus características mecánicas, y en particular sismicidad potencial, se considerará su influencia sobre la estabilidad de la presa.

42.3. Se estudiarán las condiciones de permeabilidad del terreno en que se asiente la presa y las posibles filtraciones a través del mismo, debiéndose adoptar las medidas convenientes para evitar riesgos de sifonamiento y de arrastre de materiales finos.

42.4. En los casos en que no sea evidente que el terreno de cimentación puede soportar las cargas que ha de transmitirle la presa, con los coeficientes de seguridad previstos en esta instrucción, se determinarán mediante ensayos realizados «in situ» las características de deformabilidad y resistencia al esfuerzo cortante del terreno, teniendo muy en cuenta su anisotropía y la eventual variación de sus propiedades con el grado de humedad. Para ello, se considerarán las posibles superficies de deslizamiento en relación con las direcciones de las litoclasas y otros accidentes que debiliten la roca en direcciones definidas. Igualmente se estudiará la posible influencia de la saturación, mediante ensayos en laboratorio o «in situ».

#### ***Artículo 43. Juntas de contracción.***

43.1. En las presas de fábrica se proyectarán juntas transversales de contracción.

Es una práctica recomendable la de que la separación entre las juntas de contracción sea del orden de 15 metros.

Cuando el espesor de la estructura lo requiera, se recomienda proyectar también juntas longitudinales de contracción.

43.2. En las presas bóveda o cúpula, las juntas de contracción deberán orientarse aproximadamente normales a la dirección de los esfuerzos transmitidos a su través.

43.3. Las juntas transversales de contracción irán provistas de dispositivos de impermeabilización adecuados.

43.4. En las juntas transversales de contracción de las presas bóveda o cúpula, así como en las de gravedad que se calculan como monolíticas, y para todos los casos en las juntas longitudinales, se preverán los dispositivos necesarios para rellenar y cerrar las juntas en el momento preciso.

Es admisible la solución de juntas de contracción abiertas dejando entre los bloques espacio suficiente para su posterior relleno con hormigón, pero tratando las superficies de los bloques contiguos según las normas previstas en esta instrucción.

Es recomendable colocar en el interior de los bloques de hormigón termómetros de lectura a distancia que permitan comprobar la evolución de temperaturas en el interior de la presa y determinar el momento más favorable para el cierre de juntas.

43.5. En las presas bóveda o cúpula no se procederá al relleno o inyección de las juntas de contracción hasta que la temperatura de los bloques sea la prevista en las hipótesis de cálculo, a menos que se garantice la posibilidad de repetir las inyecciones o se compruebe que en las nuevas condiciones de sollicitación se mantienen los coeficientes de seguridad prescritos.

#### ***Artículo 44. Drenajes y galerías.***

44.1. En los casos en que las dimensiones de la presa lo permitan, se construirán galerías de inspección y drenaje, próximas a la cota más baja de la cimentación y al paramento de aguas arriba.

Las dimensiones de estas galerías serán las adecuadas para poder ejecutar desde ellas sondeos de reconocimiento, inyecciones y drenajes.

44.2. En presas de gran altura y de anchura suficiente, se construirán también galerías a alturas intermedias directamente accesibles desde el exterior.

Son prácticas recomendables:

a) Que la separación en altura entre las galerías no exceda de los 30 metros.

b) Que las galerías de inspección y drenaje se prolonguen hacia el interior de las laderas, a fin de inspeccionar el terreno y controlar y drenar las filtraciones.

44.3. Las galerías de inspección y drenaje se enlazarán mediante conductos de drenaje que penetren en el terreno de cimentación y estén dispuestos de manera que sea fácil su vigilancia y limpieza.

44.4. Se adoptarán las precauciones convenientes para asegurar la ventilación de las galerías de inspección y drenaje y evitar su inundación. En caso de que no sea posible evacuar por gravedad el agua de filtraciones o impedir la entrada de agua desde el cauce de aguas abajo, se instalará en las galerías un sistema de bombas de achique.

44.5. Se adoptarán las precauciones convenientes para evitar todo posible peligro originado por la instalación eléctrica.

#### ***Artículo 45. Camino de coronación.***

45.1. En la coronación de las presas se dispondrán caminos de servicio, no interrumpidos por los aliviaderos ni por ningún otro elemento de la instalación.

45.2. Sobre el máximo nivel de embalse en crecidas deberá preverse un resguardo suficiente para evitar el desbordamiento por oleaje.

Se recomienda que entre el máximo nivel normal de embalse y la cota del camino de coronación quede en las presas de fábrica un resguardo de al menos un metro.

#### ***Artículo 46. Prescripciones especiales para las presas de gravedad.***

46.1. Se evitará que un mismo bloque quede cimentado sobre terrenos cuyas características de deformación bajo cargas presenten diferencias acusadas.

Se recomienda que las superficies de cimentación de cada bloque sean sensiblemente horizontales o ligeramente ascendentes hacia aguas abajo.

46.2. Puede admitirse el escalonamiento de la cimentación en sentido transversal al cauce, para adaptarse a la pendiente de las laderas, pero procurando evitar grandes desniveles en aquél y haciendo coincidir las juntas de contracción con las aristas de los escalones mayores.

En las presas de gran altura se recomienda enlazar los paramentos con la roca de cimentación por medio de superficies de acuerdo, para evitar concentración de tensiones. También es recomendable suavizar en el paramento de aguas abajo los acuerdos entre el talud principal y el vertical de coronación.

46.3. En caso de que las juntas de contracción separen bloques cuyas alturas difieran notablemente o estén cimentados sobre terrenos con distintas características de deformación bajo cargas, se proyectarán las juntas de modo que permitan los movimientos relativos de los bloques, sin rotura de los dispositivos de impermeabilización, o se estudiará, si es posible, la transmisión de esfuerzos entre bloques y sus efectos sobre el estado tensional y la estabilidad de la presa.

La disposición de galerías a lo largo de las juntas transversales y longitudinales permite una mejor observación de los movimientos relativos entre los bloques, además de facilitar posibles inyecciones y aminorar las subpresiones. La intercomunicación mediante conductos entre las galerías de una junta, refuerza estas posibilidades.

#### ***Artículo 47. Prescripciones especiales para las presas de contrafuertes.***

47.1. No se admitirá la fábrica de mampostería para la construcción de este tipo de presas, salvo justificación especial.

47.2. Deberá estudiarse en el interior de los contrafuertes, en la unión de éstos con las cabezas o pantallas de impermeabilización y en las secciones normales a éstas, el reparto de tensiones producido por el efecto simultáneo del peso propio, empuje hidrostático y acción de las presiones intersticiales sobre planos horizontales y verticales.

En presas de gran altura se recomienda estudiar los esfuerzos adicionales que se produzcan en las cabezas de los contrafuertes, debidos a la influencia de la rigidez de cimientos y a la deformabilidad del alma del contrafuerte.

Si en el cálculo se obtienen tracciones en las cabezas o pantallas o en la zona de enlace de aquéllas con el alma de contrafuerte, es recomendable disponer armaduras de acero en cuantía y disposición adecuadas para impedir el agrietamiento.

47.3. La superficie de cimentación de cada contrafuerte será normal a su plano de simetría.

47.4. Se dispondrán juntas permanentes de contracción entre contrafuertes contiguos o, alternativamente, formando bloques de dos contrafuertes con su correspondiente pantalla.

47.5. Se estudiarán los efectos térmicos y las tensiones debidas a las diferencias de altura de los contrafuertes.

#### ***Artículo 48. Prescripciones especiales para las presas bóveda y cúpula.***

48.1. En el proyecto de estos tipos de presas se determinará su estado tensional, teniendo en cuenta la deformabilidad del terreno de cimentación y de los estribos en que pudiera apoyarse.

Es práctica recomendable comprobar, mediante ensayos mecánicos en modelo reducido, la distribución de tensiones resultantes de los cálculos. Estos ensayos se harán en colaboración con un laboratorio oficial o centro de reconocida solvencia y sus resultados se incorporarán al proyecto.

48.2. Cuando en el proyecto de presas bóveda o cúpula aparezcan zonas con tracciones importantes, se recomienda prever armaduras de acero, dispuestas de manera que eviten la iniciación de grietas. En caso contrario, deberá estudiarse la distribución que se obtendría en la hipótesis de fisuración total del hormigón sometido a tracción y justificar que las compresiones máximas resultantes no exceden de las cargas admisibles.

48.3. Se comprobará en el proyecto la estabilidad de la estribación de la presa, en particular referida al posible deslizamiento, según la superficie de apoyo en el terreno y según otras posibles superficies de deslizamiento.

Se aconseja que las oblicuidades entre la superficie del terreno y la superficie media de la presa sean moderadas.

48.4. Cuando se proyecte el aliviadero en la coronación de la presa o a través del cuerpo de la misma, se evitará la posibilidad de vibraciones y que se produzcan erosiones al pie de la presa, siendo preceptivo en

tales casos el estudio en modelo reducido del comportamiento del aliviadero.

#### ***Artículo 49.Sistema de auscultación.***

49.1. En el proyecto se han de prever los dispositivos necesarios y las normas que permitan, de forma elemental y rápida, conocer el comportamiento de la presa en cuanto a su seguridad.

En obras de especial importancia es recomendable ampliar este dispositivo, no solamente en el sentido de una mayor precisión, sino también con miras a obtener datos útiles para investigaciones posteriores.

49.2. Salvo justificación, se deberán hacer las determinaciones siguientes:

a) La medición de los movimientos relativos entre la presa y el terreno, determinados por métodos topográficos y por péndulos.

b) La medición de la temperatura en el interior de la presa, en el agua próxima a ella y del ambiente en sus proximidades.

c) La medición de subpresiones en la presa y el terreno.

d) La medición de los movimientos en las juntas entre bloques y en las superficies de cimentación.

e) El aforo de las filtraciones, tanto en la fábrica como en el terreno.

Para una observación más rigurosa de las deformaciones exteriores es recomendable establecer una red de referencias geodésicas, extendida a las laderas y a otros lugares del terreno con sus correspondientes estaciones de observación. Deben incluirse itinerarios de nivelaciones de precisión prolongados en el interior de las galerías.

Las medidas de deformaciones internas y de tensiones pueden incluirse en el grupo de las de investigación. Estas mediciones resultan un complemento útil de la investigación.

49.3. Especialmente en las presas bóveda o cúpula y en las de gravedad, en las que haya que inyectar juntas, se dispondrán termómetros cuyos datos sirvan de orientación para realizar dichos trabajos.

### **II C. Normas particulares aplicables a presas de materiales sueltos**

#### ***Artículo 50.Definiciones y clasificación.***

50.1. Llamaremos «presas de materiales sueltos» a aquellas cuyos elementos no estén ligados entre sí por conglomerantes hidráulicos.

50.2. Podemos clasificar estas presas en «presas homogéneas», «presas con diafragma impermeable», «presas heterogéneas» y «presas de relleno hidráulico».

50.3. Llamaremos «presas homogéneas» a las construidas con tierras de una sola calidad, generalmente apisonadas, de impermeabilidad suficiente para limitar por sí mismas el paso del agua. Suelen llevar mantos de otro material como protección de los paramentos, o como filtros, sin dejar de pertenecer a esta clase, siempre que estos mantos no tengan un volumen comparable al de las tierras del cuerpo de la presa.

50.4. Llamaremos «presas de diafragma impermeable» a aquellas en que la función de detener el paso del agua está confiada a una lámina que puede ser de hormigón armado, hormigón en masa, metal, mezclas asfálticas, materiales plásticos, etcétera. Este diafragma suele aplicarse en el paramento de aguas arriba, en cuyo caso la denominaremos «presas de pantalla impermeable», empleando en cambio el nombre de «presas con diafragma interior» para los otros casos.

Las presas con diafragma impermeable suelen estar constituidas en su masa por escollera, aun cuando hay algunas constituidas, al menos en parte, por tierras. La escollera puede ser «vertida», «apisonada» o «vibrada». También puede consistir en trozos de piedra colocados de forma que ocupen desde el principio posiciones muy estables, en cuyo caso la masa así construida recibe el nombre de «mampostería en seco». Finalmente, «escollera arreglada» es la escollera vertida cuyos bloques han sido manipulados con

palancas o con grúa, para llevarlos a posiciones más estables.

50.5. Llamaremos «presas heterogéneas» a las formadas por materiales diferentes, agrupados adecuadamente en distintas zonas de la presa. alguna de estas zonas deberá ser impermeable, pudiendo estar constituida por tierras o bien por una mezcla asfáltica.

Se asimilarán a presas heterogéneas de tierra aquellas presas constituidas por una sola clase de tierras, pero en las que se colocan en los espaldones alternadas capas horizontales de drenaje, que confieren a la masa de éstas características correspondientes a un material de mucha mayor permeabilidad que el núcleo.

Las presas heterogéneas pueden ser «de tierra» o «de escollera», si bien la transición es gradual de uno a otro tipo. Llamaremos, a los efectos de esta Instrucción, presas de escollera a aquellas en que las zonas formadas exclusivamente de elementos gruesos de roca, que constituyen un conjunto de permeabilidad ilimitada, ocupen más de dos tercios de la sección del cuerpo de la presa.

Llamaremos «presas de escollera con núcleo delgado» a aquellas en que el área de la zona formada de tierras impermeables o de mezcla asfáltica, no ocupe más del décimo de la sección transversal de la presa.

50.6. En las «presas de relleno hidráulico», el material se draga en lugar apropiado y se transporta en suspensión por medio de tuberías. El proceso de formación del relleno tiene lugar por sedimentación, la cual se regula del modo conveniente para conseguir el fin que se desea.

En ocasiones, el relleno hidráulico se emplea tan sólo para constituir una de las zonas de la presa, en particular, una zona permeable, con terrenos arenosos, dando así origen a una presa mixta.

Otras veces el transporte hidráulico y la sedimentación se utilizan únicamente para rellenar los huecos de una escollera ya colocada, con objeto de aumentar su densidad y, eventualmente, proteger la roca de la meteorización. Esta operación se considera como complementaria de la ejecución de la escollera y no como un verdadero proceso de relleno hidráulico.

El método de construcción llamado «relleno semihidráulico», que consiste en transportar el material por medio de vehículos para ser posteriormente colocado en obra por extendido con chorros de agua, no es habitual en la actualidad, ya que la ventaja principal de este procedimiento es la economía del transporte por tubería. Sin embargo, si se llegara a emplear, la presa así constituida se consideraría de relleno hidráulico, pues el transporte previo en vehículos no introduce diferencia esencial en las cualidades de relleno construido.

#### ***Artículo 51. Normas para la comprobación de la estabilidad de presas de materiales sueltos.***

51.1. El cálculo de las presas de tierra consistirá en determinar el coeficiente de seguridad al deslizamiento, a lo largo de la superficie pésima a este respecto, entre todas las posibles.

En el momento actual, este cálculo se efectúa mediante tanteos.

51.2. Llamaremos «coeficiente de seguridad al deslizamiento» en cada una de las superficies estudiadas al número por el que habría que dividir la resistencia total al esfuerzo cortante de los materiales atravesados para que el equilibrio fuese estricto.

51.3. Deben tantearse numerosas superficies de posible deslizamiento para tener la seguridad de localizar la hipótesis más desfavorable.

En el caso de presas homogéneas, bastará tantear superficies cilíndricas circulares con diferentes radios y centro, pero en el caso de presas heterogéneas y en las de diafragma impermeable será preciso tantear superficies mixtas, con secciones de curvatura variables e incluso zonas planas.

En el caso de presas de escollera, especialmente en las de núcleo delgado y en las presas con diafragma, no deben olvidarse las posibles superficies convexas de deslizamiento, en el caso de comprobación a embalse lleno.

51.4. La resistencia al esfuerzo cortante en cada punto se considerará, en general, igual a la definida por la Ley de Coulomb, en presiones efectivas, cuyos coeficientes se habrán determinado experimentalmente.

Se considerará que las presiones efectivas son iguales a la totales menos la presión intersticial. Para la determinación de las presiones totales se tendrán en cuenta las fuerzas interiores de la cuña deslizando.

Se recomienda que en presas importantes o cuando se tanteen superficies de gran curvatura y se empleen métodos que descompongan la cuña deslizando en fajas se tenga en cuenta la interacción entre las mismas.

**Artículo 52. Solicitaciones a considerar y coeficientes de seguridad exigidos en cada caso.**

52.1. En la comprobación de la estabilidad de estas presas se considerarán las solicitaciones siguientes: peso propio, presión hidrostática con el máximo nivel de embalse en crecidas y presiones intersticiales. No es necesario tener en cuenta el empuje del hielo ni el de las olas, ni los efectos de las variaciones de temperatura.

52.2. En las zonas de sismicidad baja, según se define en el artículo 34, no se tendrá en cuenta, en general, el efecto sísmico, excepto en puntos próximos a la zona de sismicidad media, y si concurren circunstancias especiales de peligro, en las cuales se tomará una aceleración exclusivamente horizontal, para la que se elegirá un valor que puede llegar al 5 por 100 de la gravedad.

52.3. En las zonas de sismicidad media se tomará una aceleración horizontal comprendida entre el 5 y el 100 por 100 de la gravedad, según su menor o mayor proximidad a las zonas de sismicidad alta y otras circunstancias geológicas o de especial peligro que concurren en la obra.

52.4. En las zonas de sismicidad alta, los efectos de las posibles acciones sísmicas se tendrán en cuenta como una aceleración exclusivamente horizontal, que como mínimo será igual al 10 por 100 de la gravedad.

Es recomendable que en las zonas de sismicidad alta el Ingeniero autor del proyecto, asistido si lo cree necesario por expertos en la materia, haga un estudio sísmológico y tectónico que justifique las acciones de los seísmos previsibles. También deberán preverse los posibles movimientos del terreno en el vaso, cerrada y zonas que puedan afectar a la presa.

52.5. La estabilidad de la presa deberá comprobarse para los tres estados siguientes, cada uno de ellos sin acción sísmica en todo caso y con acción sísmica en los casos en que ésta haya de ser tomada en cuenta.

a) Distintas fases de la construcción.

b) Embalse lleno.

c) Desembalse rápido.

Para el caso a), hay que comprobar la estabilidad de ambos taludes. En los casos de presa de escollera y presa de tierra con núcleo delgado y espaldones muy permeables, se puede omitir esta comprobación para el talud de aguas abajo, salvo que la naturaleza arcillosa del cimiento lo haga necesario.

Para el caso b), basta comprobar la estabilidad del talud de aguas abajo. Para el cálculo de la presión hidrostática, se tomará el nivel máximo de embalse en crecida, pero para el de las presiones intersticiales bastará el máximo nivel normal, si se estima que la duración de las avenidas no es suficiente para establecer un régimen permanente de filtración.

Para el caso c), bastará comprobar la estabilidad del talud de aguas arriba. Hay que hacer notar que el caso más desfavorable no siempre corresponde al desembalse rápido total, y es preciso, por tanto, tantear la estabilidad con diversos niveles de desembalse.

52.6. Se exigirán los siguientes coeficientes de seguridad mínimos.

	Sin efecto sísmico	Con efecto sísmico
A) Presas de escollera con diafragma de hormigón o asfalto		
Distintas fases de la construcción	1.3 <sub>1</sub>	1.2 <sub>1</sub>
Embalse lleno	1.4	1.4
Desembalse rápido	1.3 <sub>2</sub>	1.3 <sub>2</sub>

B) Presas de escollera con núcleo de tierra, presas heterogéneas de tierra y presas de relleno hidráulico		
Distintas fases de la construcción	1.2	1.0
Embalse lleno	1.4	1.3
Desembalse rápido	1.3	1.0
C) Presas homogéneas de tierra		
Distintas fases de la construcción	1.2	1.0
Embalse lleno	1.4	1.4
Desembalse rápido	1.3	1.1

Los coeficientes de seguridad a exigir varían en cada caso, en primer lugar según la gravedad del posible accidente. Se acepta además una reducción en el caso de considerar la acción sísmica. Por la falta de probabilidad de coincidencia de este efecto con algunos estados transitorios de la presa, como son las distintas fases de la construcción y el desembalse rápido. La acción sísmica, por otra parte, es de acción tan rápida que en presas de escollera y en las de tierra heterogéneas que tengan espaldones más o menos granulares produce sólo una deformación sin llegar al corrimiento de los taludes, pero esta deformación será muy peligrosa en el caso de diafragma y no lo será en el caso de núcleo de tierra. Por último, las presas heterogéneas son menos peligrosas en caso de agrietamiento que las homogéneas.

52.7. El conocimiento de la distribución de la presión del agua intersticial en cualquiera de las hipótesis de carga es fundamental para los cálculos de estabilidad en este tipo de estructuras y merece el más cuidadoso estudio para la determinación de la red de filtración y, en el caso de desembalse rápido, de las variaciones de dichas presiones a causa del cambio en el estado de tensiones totales en la presa.

Por el contrario el coeficiente de permeabilidad no es dato que interese en general conocer con precisión, bastando en muchas ocasiones con la comparación de la granulometría e índices de Atterberg de los materiales disponibles con los de materiales empleados en otras presas, para enjuiciar la posibilidad de utilización de los mismos.

Se exceptúan los siguientes casos:

- a) Presas en las que no se pueda tolerar mas que una pérdida muy pequeña de agua por filtraciones. El coeficiente de permeabilidad resultará necesario para calcular el caudal de filtración previsible.
- b) Presas heterogéneas con zonas contiguas de coeficientes de permeabilidad muy parecidos (relación entre uno a tres y uno a diez), ya que entonces la red de filtración y, por tanto, las presiones intersticiales dependen de dicha relación.
- c) Casos en los que se quiere calcular la disipación de presiones intersticiales durante la construcción.

Se hace notar, sin embargo, que este cálculo es sumamente aleatorio, y que en los casos normales es preferible proceder como si no tuviese lugar. Tan sólo en presas muy importantes puede merecer la pena hacerlo contrastando sus resultados con las medidas efectuadas en presas ya construidas, y muy en especial con los datos que durante la construcción se vayan obteniendo de la auscultación de la presa.

52.8. Se habrá de tener en cuenta la muy probable existencia de una anisotropía con respecto a la permeabilidad en las tierras colocadas en obra, la cual tiene una influencia decisiva sobre la red de filtración.

Si no existen datos sobre esta característica en el caso concreto en estudio, se puede suponer que en una presa de tierra apisonada la permeabilidad vertical es la que se determina en el laboratorio, mientras que la horizontal puede oscilar entre ese mismo valor y otro nueve veces mayor, cifra que puede elevarse hasta veinticinco veces en el caso de presas de relleno hidráulico.

Las comprobaciones de estabilidad y de velocidades de filtración, caudales, etcétera, deberían hacerse dentro del campo de variación indicado, pero, en general, basta hacer las siguientes hipótesis:

- Permeabilidad horizontal máxima, para la comprobación de velocidades caudales y estabilidad del talud de aguas abajo.
- Permeabilidad horizontal igual a la vertical, para la comprobación de la estabilidad del talud de aguas

arriba.

52.9. Para el cálculo de la estabilidad a embalse lleno y con desembalse rápido se estudiará también la influencia que una intensa temporada de lluvias pueda llegar a tener sobre la red de filtración.

1 Sólo el talud de aguas arriba, excepto si el cimiento es arcilloso.

2 No se calcula, excepto si el cimiento es arcilloso o el elemento de impermeabilidad es un diafragma en su interior.

### ***Artículo 53. Condiciones de los cimientos.***

53.1. Se deberán investigar mediante los oportunos reconocimientos las condiciones de resistencia e impermeabilidad de la cimentación, extendiendo su estudio a un número suficiente de puntos de la superficie de apoyo. Los resultados de estos reconocimientos se incorporarán al proyecto y deberán tenerse en cuenta en los cálculos del mismo.

53.2. En estos reconocimientos se tomarán muestras y testigos. En el caso de que éstos sean de roca, se conservarán perfectamente rotulados y ordenados en lugar próximo a la obra, a disposición de los servicios que hayan de inspeccionarla en su día.

53.3. Cuando las muestras extraídas sean de materiales sueltos, se enviarán a un laboratorio, en el que se determinen los coeficientes precisos para la elaboración del proyecto. Tan sólo se conservarán en lugar próximo a la obra algunas muestras que representen de una manera típica los distintos terrenos hallados.

53.4. En el proyecto deberán preverse las disposiciones necesarias para que la presión intersticial en los cimientos no sobrepase en ningún punto y con ningún régimen los límites admisibles, y que la velocidad de filtración sea suficientemente reducida para evitar arrastres o sifonamientos. Si el terreno no es lo suficientemente impermeable, se formarán pantallas o rastrillos, o bien se alargará el camino de filtración por medio de zampeados prolongados hacia aguas arriba.

### ***Artículo 54. Impermeabilización y drenajes.***

54.1. El elemento de la presa destinado a impedir el paso del agua será estudiado y ejecutado con un cuidado especial.

Aun en el caso de presas homogéneas, se señalará en el proyecto una pantalla o un espaldón aguas arriba, en el cual se vigilarán particularmente la calidad de los materiales y la puesta en obra de los mismos, para asegurar la impermeabilidad del conjunto.

54.2. Se extremarán los cuidados en el contacto entre el elemento impermeable y el cimiento y laderas, previendo disposiciones adecuadas para un enlace perfecto. En particular, si las laderas son de roca, se regularizarán de modo que en toda el área de contacto no queden planos verticales ni en desplome ni discontinuidades bruscas en la roca, siendo incluso más recomendable que todos los planos de contacto queden con pendientes no superiores a cinco y sin puntos angulosos marcados en los acuerdos.

En el caso de grandes irregularidades o fuertes pendientes, puede ser recomendable regularizar el asiento del núcleo con hormigón, incluso estableciendo una cama continua. Esta disposición tiene también la ventaja de facilitar las inyecciones del tratamiento superficial en la roca, si las hubiere.

54.3. En los casos de diafragmas o pantallas de hormigón, deberá estudiarse cuidadosamente la disposición de las juntas que garanticen la impermeabilidad, permitiendo al mismo tiempo el juego de asientos previsibles.

Los diafragmas de hormigón, a pesar de estas medidas, suelen agrietarse. Al ser interiores, la posibilidad de reparación adecuada es escasa, por lo cual esta última disposición se considera hoy poco conveniente. En el caso de que se adopte, se recomienda colocar en su paramento de aguas arriba una capa de arcilla o de material asfáltico que pueda impermeabilizar las probables fisuraciones.

54.4. En el caso de pantallas en el paramento de aguas arriba, de hormigón o de otro cualquier material, se colocará en su trasdós una capa adecuada de drenaje para evitar la posibilidad de subpresiones durante el desembalse.

Es conveniente que esta capa de drenaje tenga un conducto independiente de evacuación al exterior fácilmente inspeccionable, que permita descubrir sin dilación cualquier rotura de la pantalla.

54.5. Si la zona impermeable es de tierra, su espesor y la calidad de las tierras a emplear deberán estudiarse con el mayor cuidado, para garantizar una impermeabilidad suficiente y evitar el riesgo de erosión interna debida a la filtración.

En particular, cuando sea inevitable el empleo de tierras limosas o de arcillas de baja plasticidad, se tendrá muy en cuenta la posibilidad de agrietamiento por la falta de flexibilidad de los macizos constituidos por estos materiales. El estudio de este problema se deberá hacer con todo detalle cuando la cimentación sea comprensible o cuando las laderas de la cerrada sean muy pendientes, casos en los que se harán ensayos para determinar la deformabilidad de las tierras, en condiciones equivalentes a las de su puesta en obra.

54.6. En todos los casos, se estudiarán con la mayor atención todas las posibilidades de paso del agua a través de la presa, del cimientado y de las laderas, tanto en la filtración normal como en posibles defectos y averías, y se proyectarán las disposiciones necesarias para que la evacuación de estas filtraciones se haga sin el menor peligro para la estabilidad de la presa y sin posibilidad de arrastres, para lo cual, toda posible superficie del macizo terroso a través de la cual puedan emerger las aguas, deberá quedar protegida por un material de condiciones adecuadas para que sirva de filtro.

En muchos casos será conveniente proyectar una red de conductos de drenaje que evacuen al exterior los posibles caudales filtrados en condiciones tales que permitan su identificación, vigilancia y aforo. En particular, se estima conveniente la construcción de una galería longitudinal visitable en la base de la pantalla, del núcleo o del diafragma, que permita dicha vigilancia y al mismo tiempo sirva de acceso para la ejecución o el perfeccionamiento de una cortina de inyecciones en el cimientado, si resultara necesario. Igualmente conviene que esta galería penetre en el terreno de las laderas para vigilar y combatir las filtraciones que en ellas puedan producirse.

54.7. Los filtros de protección constarán de una o varias capas de materiales, tales que establezcan una transición entre las granulometrías de dos zonas en contacto en las superficies, a través de las cuales puede haber filtración en condiciones normales o accidentales.

Estos filtros deberán ser capaces de evitar arrastres peligrosos de partículas finas, extremo que se justificará mediante reglas empíricas corrientemente admitidas en la práctica, o bien por experimentación directa con los materiales en contacto.

Estos filtros se reforzarán aumentando el espesor de sus capas e incluso su número en los puntos más peligrosos, como son, por ejemplo, las proximidades del contacto con las laderas.

54.8. Llamaremos capas de transición a las que se colocan entre zonas en contacto, pero en superficies en las que no exista filtración importante. Su objeto es evitar la interpenetración entre dichas zonas y los asientos consiguientes. Como en el caso de los filtros, el material de que consten ha de establecer un tránsito gradual entre las dos granulometrías, salvo que aquí las condiciones no necesitan ser tan rigurosas.

#### ***Artículo 55. Coronación y resguardo.***

55.1. En este tipo de presas es fundamental evitar cualquier riesgo de vertido sobre la coronación. No se admite en principio la colocación de aliviaderos de ningún tipo sobre el cuerpo de la presa, siendo precisa en caso contrario una especial justificación, tanto de la necesidad de la solución como de la eficacia de las disposiciones proyectadas para evitar toda inseguridad en la obra.

55.2. La anchura mínima de la coronación en las zonas de sismicidad baja será la correspondiente a la fórmula:

$$C = 3 + 1,5 \sqrt{A - 15}$$

siendo C el ancho de la coronación en metros y A la altura de la presa.

Cuando esta altura sea inferior a 15 metros, la anchura de la coronación será como mínimo de tres metros.

En todo caso se dispondrá sobre ella un camino de servicio o de uso público, según los casos.

55.3. En las zonas de sismicidad media, la anchura de coronación mínima sea la prescrita en el apartado anterior más un 25 por 100, y en las de sismicidad alta, el 50 por 100. En ambas zonas se considerará como anchura virtual de coronación la longitud de la base superior de un trapecio de área equivalente e igual base inferior y altura que la parte superior de la presa, medida en sus últimos quince metros de altura.

55.4. Si por alguna circunstancia excepcional se proyecta la presa con una anchura de coronación inferior al mínimo indicado en los apartados anteriores, se supondrá a efectos del apartado 55.6 que la coronación está situada al nivel en que la presa tenga la anchura correspondiente a dicho mínimo.

55.5. Por encima de la coronación puede haber pretilles de hormigón, bloques, gaviones, etcétera. En zonas de sismicidad baja y en el caso de que estos elementos tengan resistencia suficiente para soportar el oleaje y, al mismo tiempo, estén dispuestos de modo que puedan adaptarse a los asientos previsibles, su altura se considerará como «altura de pretil» a efectos del apartado 55.6, así como también se contará de esta manera la altura de la presa en la que su anchura sea menor que la anchura mínima de coronación (apartado 55.4).

En zonas de sismicidad media no se considerará como altura de pretil la correspondiente a los de hormigón ni bloques de pequeña anchura, sino tan sólo el exceso de altura sobre la coronación, definido en el apartado 55.4, y la altura de elementos de gran flexibilidad y anchura, tales como gaviones, banquetas, etc., cuya anchura sea como mínimo el doble de su altura.

En las zonas de sismicidad alta, se contará como altura de pretil, tan sólo el exceso de altura de la presa sobre la coronación, definido en el apartado 55.4, e incluso se recomienda que no existan pretilles ni otro de los demás elementos antes reseñados. Conviene, al contrario, que la coronación tenga forma lisa o regular que facilite el paso sin turbulencias de algunas olas de origen sísmico que pudiesen sobrepasarlo y también que esté protegida de la erosión de las mismas por losas, gaviones u otro elemento suficientemente liso para no provocar dichas turbulencias.

55.6. El resguardo de una presa es la diferencia de cota entre el máximo nivel de embalse en avenidas y el de coronación, tal como se define en el apartado 55.4.

El resguardo será, como mínimo, de vez y media la altura de la máxima ola posible originada por el viento. En las zonas de media y alta sismicidad, este resguardo no será inferior a un metro, más la altura de la ola sísmica, definida por:

$$K \times (T_3 \ddot{O}gh/2 p)$$

siendo K la aceleración sísmica horizontal máxima previsible en la zona multiplicada por el coeficiente del terreno; T, el período natural del terremoto, y h, la altura máxima del embalse.

De la altura así fijada podrá descontarse la mitad de la «altura de pretil» definida en el apartado 55.5, siempre que el resguardo resultante no sea menor de metro y medio.

55.7. En las presas heterogéneas se define como resguardo interno la diferencia de cota entre el máximo nivel de crecida y el borde superior del elemento impermeable. El resguardo interno será establecido de igual forma que dispone la norma 55.6.

#### ***Artículo 56.Paramentos.***

56.1. Si el paramento de aguas abajo es de tierra, deberá protegerse contra la acción erosiva de la lluvia por medio de un manto de material adecuado, o por medio de plantaciones de césped u otros vegetales cuyas raíces no puedan poner en peligro la impermeabilidad de la presa.

En presas de gran altura es recomendable que se dispongan banquetas, al menos cada 20 metros de elevación, para recoger las aguas pluviales y facilitar la inspección y reparación.

56.2. El paramento de aguas arriba estará protegido contra los efectos del oleaje por un manto de escollera, mampostería en seco, piezas de hormigón, etc., de características adecuadas para este fin. En la parte superior, cerca del nivel máximo, este revestimiento será rugoso para evitar la posibilidad de que la ola suba hacia la coronación y salte por encima de ella. Esta última prescripción puede sustituirse con un aumento en el resguardo o con la colocación de un parapeto de forma adecuada que revierta el roci6n hacia el embalse.

56.3. Aun all6 donde no exista la posibilidad de eros6n por el oleaje, como en las 6reas del talud que hayan de quedar perpetuamente sumergidas, en aquellos embalses de los que s6lo se utiliza una parte de su capacidad, no es conveniente que quede en contacto directo con el agua un paramento de material arcilloso, y es recomendable recubrirlo de una capa de material granular. Igualmente, las superficies de aguas arriba de las zonas constituidas por tierras y en contacto con mantos o espaldones de escollera o grava deber6n quedar protegidas por capas de transici6n, conforme al apartado 54.8.

56.4. En las regiones en donde sean habituales las temperaturas inferiores a cero grados durante per6odos continuados de varias semanas, se tendr6 en cuenta la posibilidad de formaci6n de lentejones de hielo en la zona afectada por la helada, pr6xima a los paramentos, con la subsiguiente fusi6n y muy probable producci6n de peque6os corrimientos en el paramento a la primavera siguiente.

Para evitarlo, puede calcularse con los datos meteorol6gicos disponibles la penetraci6n probable de las bajas temperaturas y disponer en el espesor calculado, tan s6lo materiales insensibles a este fen6meno, en particular arena gruesa y limpia, grava, escollera, etc.

#### ***Art6culo 57. Tomas de agua y desag6es.***

57.1. En las presas en las que la impermeabilidad est6 confiada a zonas compuestas por tierras, debe evitarse la construcci6n de conductos a trav6s de las mismas, por el riesgo que ello supondr6a para la permanencia de la totalidad de la obra en caso de rotura. Por lo tanto, las tomas de agua y desag6es se situar6n preferentemente fuera de dichas zonas, contorneando la ladera.

57.2. Cuando por circunstancias especiales se decida atravesar con conductos las zonas impermeables de la presa, aquellos consistir6n en galer6as lo bastante armadas para resistir las presiones que han de soportar, tanto durante la construcci6n como durante la explotaci6n, y al menos, desde el paramento de aguas arriba de la zona impermeable hasta su salida aguas abajo, la galer6a deber6 permanecer en seco y ser visitable, previendo la conducci6n del agua por tuber6as colocadas en su interior.

57.3. Las galer6as que atraviesen la zona impermeable de la presa estar6n provistas en su parte exterior de uno o varios diafragmas, tambi6n fuertemente armados, que aseguren un recorrido suficiente al agua que pretenda filtrarse a lo largo del trasd6s del conducto. La distancia entre dos diafragmas sucesivos ser6 al menos el doble de su saliente por fuera del paramento de la galer6a.

57.4. Se conceder6 la mayor atenci6n a la compactaci6n de las tierras alrededor de la galer6a, recomend6ndose que la forma exterior de 6sta no presente paramentos verticales ni en desplome. Puede tambi6n ser conveniente efectuar inyecciones desde el interior de la galer6a para asegurar su ligaz6n con el relleno de tierras.

En el caso de efectuarse inyecciones desde el interior de las galer6as, para rellenar posibles huecos, deber6n realizarse con sumo cuidado, evitando romper los terraplenes y dejar bolsas de agua.

57.5. Se extremar6n todas estas precauciones cuando la galer6a no descansa sobre un cimiento pr6cticamente indeformable, previendo el establecimiento de juntas en la misma, debidamente impermeabilizadas.

#### ***Art6culo 58. Sistemas de auscultaci6n.***

58.1. Se dispondr6n en el proyecto los sistemas de medida que permitan determinar la magnitud de los asientos y corrimientos de la presa y de la cimentaci6n y las presiones del agua intersticial durante la construcci6n, puesta en carga y explotaci6n de la obra.

58.2. Igualmente se prever6n dispositivos para registrar los niveles del agua en cimientos y laderas aguas abajo de la zona de impermeabilizaci6n y para el aforo de los caudales recogidos por los diferentes

elementos de drenaje.

## CAPÍTULO III

### Normas para la construcción de presas

#### III A. Normas generales aplicables a todos los tipos de presas

##### ***Artículo 59. Ingeniero Director de la construcción de la presa.***

59.1. Al frente de la construcción de toda presa incluida en el ámbito de aplicación de la presente Instrucción habrá un Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, que será responsable, como Director, de que las obras se desarrollen de acuerdo con el proyecto aprobado.

59.2. En caso de ausencia de la obra o enfermedad, el Ingeniero Director delegará sus funciones en otro técnico capacitado a juicio del Jefe del Servicio de la Dirección General de Obras Hidráulicas encargado de la inspección de las obras.

59.3. Las condiciones de jerarquía, disciplina y reglamentación si la obra la ejecuta el Estado serán las correspondientes a la organización estatal. Si la obra se construye por una Entidad propietaria o concesionaria, estas condiciones serán puestas en conocimiento de la Dirección General de Obras Hidráulicas por conducto reglamentario.

59.4. El Ingeniero Director de la obra será nombrado, separado y sustituido libremente por el propietario o cesionario de la misma. Deberá hacer constar por escrito la aceptación del cargo, en documento que el propietario remitirá a la Dirección General de Obras Hidráulicas a través del Organismo competente. Asimismo, cuando se produzca el cese del Ingeniero Director, el propietario vendrá obligado a comunicarlo inmediatamente a la Dirección General de Obras Hidráulicas, señalando al mismo tiempo el nombre del que haya de sustituirlo y la conformidad escrita del interesado. Interinamente se hará cargo de la obra la persona en quien se venían delegando las funciones durante las ausencias del Ingeniero Director.

59.5. La Dirección General de Obras Hidráulicas podrá recusar de oficio al Ingeniero Director en funciones, previa la comprobación de que su actuación pudiera repercutir en merma de la seguridad de la obra en construcción.

##### ***Artículo 60. Libro técnico de la presa. Boletín de información.***

60.1. Desde el principio de la construcción de cada presa existirá en la obra un «Libro Técnico de la Presa», foliado, diligenciado y sellado previamente por la Dirección General de Obras Hidráulicas, donde se anotará semanalmente en forma clara y concisa el desarrollo y marcha de los trabajos. Esta anotación será firmada por el Ingeniero Director de la obra, quien responderá de la exactitud de su contenido.

60.2. El Ingeniero Director de la construcción de la presa redactará un parte mensual o Boletín de información que recoja datos suficientes para conocer la marcha de las obras. Cinco ejemplares mecanografiados, fechados y firmados por el Ingeniero Director se destinarán respectivamente, uno al archivo técnico de la construcción de la obra, otro al archivo central de la Entidad concesionaria de la presa y tres a los Servicios de la Dirección General de Obras Hidráulicas encargados de la inspección técnica de la misma y de su vigilancia.

60.3. El Boletín de información mensual no excluye la obligación de redactar partes especiales por los que se comuniquen cualesquiera incidencias que se estime debe conocer la Administración y los Servicios de Inspección y Vigilancia con carácter urgente.

##### ***Artículo 61. Archivo técnico de construcción.***

61.1. En toda obra se establecerá un «Archivo Técnico de Construcción», en el que se recogerán con detalle, mediante descripciones adecuadas y planos auxiliares, cuantos datos de interés se produzcan

durante la construcción de la presa. Este archivo incluirá una adecuada información fotográfica del desarrollo de la obra.

Se recomienda una atención especial a los resultados que se obtengan en sondeos, inyecciones, pruebas de permeabilidad, ensayos de resistencia, definición topográfica exacta de las cimentaciones reales, etc., cuidando de utilizar sistemas de referencia de suficiente precisión para localizar fácilmente, si fuera necesario en el futuro, los lugares a que corresponden dichos datos.

61.2. Un índice de los documentos que componen el Archivo Técnico de Construcción, figurará en el Libro Técnico de la obra y, firmado por el Ingeniero Director de la construcción de la presa, se enviará a la Dirección General de Obras Hidráulicas, por conducto reglamentario.

#### ***Artículo 62. Inspección de las obras.***

62.1. La inspección de las obras de las grandes presas será única y recaerá en el Organismo estatal que, como delegación de la Dirección General de Obras Hidráulicas, determine la legislación vigente.

62.2. En las presas que construyan los Organismos autónomos dependientes de la Dirección General de Obras Hidráulicas o los concesionarios de cualquier carácter, las relaciones con la Administración referentes a la obra se llevarán siempre a través de dicho Centro directivo.

62.3. La Dirección General de Obras Hidráulicas, a través del Organismo que la represente, solicitará, cuando lo estime conveniente, la asistencia de los Organismos o Servicios asesores del Ministerio de Obras Públicas en los temas de especialidad técnica o jurídica.

62.4. Al término de cada visita, el encargado de la inspección redactará en forma resumida un acta del resultado de la misma en la que consten las instrucciones y observaciones que estimen convenientes, así como las anomalías que haya podido comprobar. De este acta suscribirá con el Ingeniero Director de las obras cinco ejemplares, destinados: uno al Archivo Técnico de la Obra, otro a la Entidad concesionaria de la presa y tres a los Servicios de la Dirección General de Obras Hidráulicas encargados de la inspección técnica de la obra y de su vigilancia.

#### ***Artículo 63. Comienzo de la obra de la presa.***

63.1. Otorgada, en su caso, la correspondiente concesión y aprobado el proyecto previo por el Ministerio de Obras Públicas, no podrán comenzarse las obras fundamentales de la presa hasta que esté aprobado su proyecto de construcción.

63.2. A partir de la presentación del proyecto de construcción por el concesionario, podrá la Administración, a petición de éste, autorizar la iniciación de aquellas obras preparatorias y accesorias que en el futuro no puedan presentar obstáculo para que la obra de la presa pueda realizarse, incluyendo las modificaciones o prescripciones que se impongan al proyecto de construcción presentado.

63.3. Excepcionalmente, cuando concurren circunstancias que así lo aconsejen, podrá la Dirección General de Obras Hidráulicas autorizar el comienzo de las obras de la presa, previa presentación de un plan de trabajo, imponiendo las prescripciones que estime necesarias, cuando hayan transcurrido seis meses desde la presentación por el concesionario del proyecto de construcción sin haber recaído aprobación sobre el mismo.

63.4. Antes de comenzar las obras a que se refiere la norma anterior, deberá haberse designado al Ingeniero Director de la construcción de la presa, comunicando a la Administración su nombramiento y pedido el correspondiente Libro Técnico de la misma.

#### ***Artículo 64. Excavaciones.***

64.1. Los trabajos de excavación deben aprovecharse para complementar los reconocimientos del terreno.

Durante la ejecución de las excavaciones se levantarán planos detallados, registrando cuantos accidentes de orden geológico se presenten. Estos planos se incorporarán al Archivo Técnico de Construcción.

Se recomienda anotar en especial las fallas, litoclasas, planos de estratificación, rellenos, zonas de roca alterada, diques, posibles superficies de corrimiento, manantiales, etc.

64.2. Se cuidará, especialmente, de elegir los lugares destinados a escombreras de forma que no puedan perturbar el funcionamiento de las obras de desviación, de las tomas de agua, de los desagües profundos, de los aliviaderos y de los canales de descarga de las centrales, etc., vigilándose su estabilidad.

64.3. Las excavaciones se ejecutarán de manera que no exista peligro para su estabilidad, adoptando para ello los taludes adecuados o los sistemas constructivos convenientes.

64.4. No se depositarán escombros en aquellas zonas en que puedan dificultar la vigilancia o control de filtraciones.

64.5. Se comunicará al Servicio de Inspección de la obra, al menos con quince días de antelación, la fecha en que la excavación de cada zona de la presa vaya a estar lo suficientemente avanzada para que pueda juzgarse acerca de su coincidencia con las previsiones del proyecto y, en todo caso, de su adecuación al fin propuesto.

64.6. El Servicio de Inspección de la obra, asistido si lo considera necesario por el Servicio Geológico de Obras Públicas, deberá practicar el examen de la cimentación antes de transcurrir un plazo de quince días a partir de la fecha anunciada. Del resultado de la inspección se levantará acta, firmando también el Ingeniero Director de la construcción; en dicha acta deberá constar la autorización para iniciar la construcción de la estructura o los trabajos complementarios a realizar en caso de no cumplirse los supuestos del proyecto.

Caso de no realizarse la inspección en el plazo previsto en el párrafo anterior, el Ingeniero Director de la construcción tomará las decisiones que estime oportunas en orden a la iniciación de los trabajos de construcción, comunicándolas en la forma reglamentaria al Servicio de Inspección.

#### ***Artículo 65. Pruebas y ensayos.***

65.1. Los materiales de construcción se ensayarán de acuerdo con las especificaciones del proyecto. El resultado de estos ensayos se incorporará al Archivo Técnico de Construcción.

En las presas importantes se recomienda establecer en las proximidades de las obras laboratorios adecuados para la realización de los ensayos.

65.2. El Ingeniero Director de la construcción será responsable de la instalación y conservación de los conductos de drenaje y de los dispositivos de auscultación y control previstos, y de que sus indicaciones sean anotadas en el Archivo Técnico de Construcción. Toda anomalía observada en dichos dispositivos se pondrá en conocimiento del Servicio de Inspección.

#### ***Artículo 66. Inyecciones.***

66.1. Se preparará un programa de inyecciones lo suficientemente flexible para adaptarse a las modificaciones que, eventualmente, pudieran sugerir las enseñanzas que se obtengan en el curso de su realización.

66.2. Será preceptivo dejar constancia en el Archivo Técnico de Construcción de los procedimientos empleados y de los resultados obtenidos en estos trabajos.

Se recomienda en especial dejar constancia en los planos de las referencias precisas de los trabajos realizados, aparatos que se utilicen, sistema de ejecución, absorciones de agua antes y después de la inyección, aditivos empleados, dosificaciones y presiones de la inyección, admisiones de las mezclas inyectadas, comunicaciones con el exterior o con otros taladros, etc.

66.3. Si se hacen inyecciones que puedan modificar el drenaje, debe comprobarse la eficacia posterior de éste y abrir nuevos drenes si fuera necesario.

66.4. Se tomarán las medidas necesarias para garantizar la penetración de las mezclas inyectadas en las diaclasas o huecos del terreno.

Parece recomendable a estos efectos, y en los casos que se estime conveniente, emplear procedimientos y aditivos que faciliten la penetración de la inyección y dificulten la sedimentación de las mezclas.

Parece recomendable hacer las inyecciones por el sistema de doble circulación, con objeto de evitar la sedimentación de las mezclas en los conductos y los taponamientos de fisuras por la formación de depósitos en sus bordes.

66.5. Se estudiarán cuidadosamente las presiones de inyección, a fin de evitar movimientos provocados por ellas perjudiciales en la presa y en el terreno de cimentación.

Se observará especialmente si las admisiones son debidas al relleno de huecos y fisuras preexistentes o, por el contrario, a ensanchamiento de fisuras y a relleno de roturas producidas por la presión aplicada.

Esta posibilidad de rotura debida a la presión debe observarse también en las pruebas de permeabilidad con agua.

66.6. Debe quedar prevista la posibilidad de complementar los trabajos de inyección durante la explotación del embalse.

#### ***Artículo 67. Puesta en carga de la presa.***

67.1. Es de primordial interés el período durante el cual se llena por vez primera, total o parcialmente, el embalse de una presa, esto es, la «puesta en carga» de la obra.

67.2. Esta operación se realizará, a ser posible, con lentitud, procurando ejecutarla con pequeñas elevaciones diarias del nivel del embalse y cuidando siempre con gran atención, del funcionamiento de los aparatos de control, así como de los elementos de desagüe, por si las circunstancias aconsejan su utilización.

67.3. El Ingeniero Director de la obra debe prestar a este período de la puesta en carga una dedicación muy personal; las observaciones que en esta Instrucción se prescriben sobre la auscultación de la presa serán, durante este proceso, frecuentes y minuciosas, incluso en lo que atañe al control de filtraciones, a fin de conocer en todo momento si los comportamientos de la presa y del terreno se ajustan a lo previsto.

67.4. Se podrá autorizar la puesta en carga parcial de la presa, aun sin que se haya terminado su total estructura, siempre que la parte construida ofrezca las garantías necesarias y teniendo especial cuidado de que la evacuación de las posibles avenidas no produzcan daños en la presa, en sus obras anejas o en el terreno.

67.5. El Ingeniero Director de la obra redactará un informe detallado de todo el proceso de la puesta en carga, debidamente justificado, con los resultados obtenidos en los dispositivos de control y vigilancia.

#### ***Artículo 68. Recepción de las obras.***

68.1. Antes de proceder a la recepción definitiva de la obra, la Dirección General de Obras Hidráulicas, por medio de su Servicio de Vigilancia de Presas, redactará informe sobre el estado de los dispositivos de control y vigilancia, que será transcrito en el «Libro Técnico de las Presas».

68.2. El Ingeniero Director de la construcción redactará una Memoria en la que se resuma el desarrollo de la construcción y, con referencia a las modificaciones de detalle que se hubieran introducido respecto del proyecto, las razones que las hayan motivado. Se adjuntará a esta Memoria una colección completa de los planos de la obra ejecutada y la colección de fotografías correspondiente.

Dicha Memoria incluirá también el informe sobre la puesta en carga total o parcial de la obra.

68.3. El Servicio de Inspección de la obra, a la vista de la Memoria e informes recibidos y con los conocimientos y asesoramientos que estime oportunos, preparará dentro de un plazo de dos meses el acta de recepción definitiva de la obra. A partir de la fecha de su firma, se considerará que ésta pasa a depender del Servicio de Explotación, el cual se hará cargo igualmente del Archivo Técnico de la presa. Si ha lugar, este Servicio de Explotación continuará el proceso de puesta en carga hasta que se logre el llenado total del embalse.

### III B. Normas particulares aplicables a presas de fábrica

#### *Artículo 69. Durabilidad de las fábricas.*

69.1. Cuando se prevea que las aguas a embalsar sean ácidas, contengan exceso de materia orgánica o residuos industriales, se llevarán a cabo ensayos para determinar su agresividad y su efecto en cuanto a la disolución y posible arrastre de la cal liberada de los hormigones, a fin de elegir un tipo de conglomerante adecuado o prescribir el empleo de aditivos que corrijan dichos efectos.

Se recomienda, a estos efectos, un estudio cuidadoso de las granulometrías, dosificaciones, medios de puesta en obra y curado del hormigón, para conseguir una elevada compacidad e impermeabilidad en la fábrica.

69.2. Durante la construcción de la presa se adoptarán las medidas convenientes para garantizar la durabilidad de las fábricas frente a la acción del hielo.

Se recomienda la adición al hormigón de aireantes y otros productos que eleven su manejabilidad y su resistencia a los ciclos de hielo y deshielo.

Cuando las características climáticas lo hagan aconsejable, se recomienda ensayar la resistencia del hormigón a las heladas.

#### *Artículo 70. Canteras.*

70.1. Aunque en el proyecto se haya estudiado y aceptado una cantera o yacimiento natural, el Ingeniero Director ordenará el control continuo de los áridos que de ellos se extraigan y podrá prohibir la explotación de las zonas en que sospeche que el material no cumple las prescripciones establecidas en el pliego de condiciones.

70.2. El que en el proyecto se haya estudiado una cantera o yacimiento natural determinado no excluye el que pueda autorizarse al constructor a utilizar otras canteras, siempre que los áridos que proponga y que emplee cumplan las especificaciones del pliego de condiciones.

70.3. Se descartará la utilización de canteras cuya proximidad a la presa pueda entorpecer o hacer peligrosos los trabajos de su construcción o cuya explotación pueda afectar a la estabilidad e impermeabilidad del terreno en que la misma se ubica.

#### *Artículo 71. Áridos.*

71.1. Los áridos destinados a la fabricación de morteros y hormigones, cualquiera que sea su procedencia, reunirán las características necesarias para asegurar la calidad exigida a dichas fábricas.

71.2. Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas, escorias siderúrgicas apropiadas u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable en base a estudios realizados en un laboratorio oficial.

71.3. Se entiende por «arena» o «árido fino» el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de malla de 5 mm de luz (tamiz 5 UNE 7050); por «grava» o «árido grueso», el que resulta retenido por dicho tamiz.

71.4. El árido fino debe consistir en fragmentos de roca duros, densos, durables y no alterados superficialmente. No debe contener arcilla, polvo, mica, materia orgánica u otras impurezas en una cantidad tal que, conjunta o separadamente, hagan imposible conseguir las propiedades deseadas en el hormigón cuando se emplee una dosificación normal.

71.5. El tamaño máximo del árido grueso no debe exceder a 1/4 de la dimensión mínima de la estructura hormigonada ni a los 5/6 de la distancia libre horizontal entre las barras de la armadura.

Es recomendable que el tamaño máximo del árido no exceda de 150 mm.

71.6. La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos no excederá de los límites que se indican en el cuadro adjunto:

	Cantida máxima en tanto por ciento del peso total de la muestra	
	Arena	Grava
Terrones de arcilla, determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7133	1,00	0,5
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7050. Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7135	5,00	1,00
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050, y que flota en un líquido de peso específico 2,0. Determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7244	0,50	1,00
Compuestos de azufre, expresados en SO <sub>4</sub> y referidos al árido seco. Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7245	1,20	1,20
Partículas blandas. Determinadas con arreglo al método de ensayo UNE 7134	-	5,00

71.7. Los áridos estarán exentos de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento. Su determinación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7137.

Si es necesario usar áridos con tales materiales, el cemento deberá cumplir los requisitos que se indican para los cementos de bajo contenido en álcalis en el pliego general de condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial. Otra variante puede ser adicionar agentes que se opongan a la expansión del hormigón causada por la reacción entre el álcali del cemento y los elementos reactivos del árido. En ambos casos deberán llevarse a cabo ensayos de laboratorio.

La determinación de la cantidad de sílice finamente dividida presente en la arena, tanto en estado amorfo como cristalino, y de ciertos minerales micáceos, debe ser realizada mediante análisis petrográficos. Se puede también prescribir otros ensayos de laboratorio para determinar la reacción entre el árido y el cemento seleccionado.

71.8. En el caso de utilizar, como árido fino o grueso, escorias siderúrgicas se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

71.9. No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo UNE 7082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.

71.10. Cuando así lo indique el pliego de condiciones, deberá comprobarse también que los áridos no presentan una pérdida de peso superior al 10 o al 15 por 100, para las arenas, al 12 o al 18 por 100 para las gravas al ser sometido a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico, respectivamente, de acuerdo con el método de ensayo UNE 7136. Los áridos que no pasen satisfactoriamente estas pruebas pueden ser aceptados con la condición de que el hormigón, hecho conforme a la composición prevista y usando los áridos en cuestión, dé resultados satisfactorios, después de ser expuesto a un número apropiado de ciclos de congelación y deshielo.

71.11. Después de la prueba de heladicidad, el hormigón debe tener una resistencia a la compresión que no sea menor del 75 por 100 de la conseguida por un hormigón similar no sometido a dicha prueba. El cemento usado en estos ensayos de áridos debe tener una composición tal que lo haga adecuado para la fabricación de hormigón resistente a la helada.

El número de ciclos en la prueba de congelación y deshielo, a los que se debe someter el hormigón, debe ser fijado en el pliego de condiciones de acuerdo con las climáticas y de servicio del hormigón en la estructura y, también, teniendo en cuenta el tiempo previsible que transcurra entre su colocación y la primera helada.

71.12. El árido grueso para hormigón colocado por encima de la zona sujeta a las fluctuaciones del nivel

del agua no debe indicar en la prueba del sulfato sódico, después de cinco ciclos alternados de saturación y secado, una pérdida para fracción ensayada superior al 10 por 100 del peso inicial. El árido grueso que no soporte esta prueba satisfactoriamente y muestre una pérdida superior al 10 por 100 se debe ensayar en hormigón, de acuerdo con el apartado 71.10, antes de tomar una decisión sobre su idoneidad.

71.13. Las partículas lamosas y alargadas no deben sobrepasar el 15 por 100 en peso de los áridos gruesos de grava o piedra partida. Esta limitación se establece para hormigón en cualquier parte de la estructura. Las partículas lamosas y alargadas se definen como aquellas en las que la relación entre la máxima y mínima dimensión excede de 5:1.

71.14. La densidad aparente de cada grano del árido grueso para el hormigón de cualquier zona de la estructura no debe ser menor de 2,5. Los de menor densidad sólo podrán ser aceptados después de un análisis técnico y económico apropiado.

**Artículo 72. Granulometría de los áridos.**

72.1. Mediante ensayos realizados con los materiales procedentes de las instalaciones de trituración y clasificación que han de utilizarse en obra se estudiará la granulometría de los áridos, de modo que se aseguren las características de densidad, impermeabilidad, resistencia y durabilidad, exigidas en el proyecto para las diferentes clases de hormigón y a fin de obtener la homogeneidad y docilidad convenientes para su colocación en obra.

72.2. Se estudiará con especial cuidado la granulometría de la arena, exigiéndose que contenga la suficiente cantidad de elementos finos, comprendidos entre 1,25 milímetros y 0,80 milímetros, a fin de conseguir la docilidad e impermeabilidad exigidas al hormigón.

Se recomienda que la curva granulométrica de la arena quede comprendida entre los límites siguientes:

	Tanto por ciento en peso que pasa por cada tamiz						
Abertura de malla (mm)	5,00	2,50	1,25	0,60	0,30	0,15	0,08
Límite superior	100	95	85	62	30	15	5
Límite inferior	95	75	55	30	12	4	0

72.3. Para garantizar la buena dosificación granulométrica de los áridos será preceptivo clasificar los áridos gruesos en varios tamaños.

Se recomienda su graduación con arreglo a la tabla siguiente:

	Tamaño máximo	Número de fracciones
	-	
	mm	
40	2	5-20, 20-40
80	3	5-20, 20-40, 40-80
150	4	5-20, 20-40, 40-80 y 80-150

A estos efectos se considerará tamaño máximo de los áridos el mayor entre los que representen más del 10 por 100 y menos del 30 por 100 del peso total.

72.4. La dosificación de cada tamaño de árido deberá especificarse en el proyecto después de los ensayos necesarios hechos en laboratorio sobre muestras de la misma procedencia que las de los que se haya de emplear en la obra, a fin de obtener la resistencia, compacidad e impermeabilidad óptimas.

**Artículo 73. Cemento.**

73.1. El cemento, además de las condiciones que fija el vigente pliego de condiciones para la recepción

de conglomerantes hidráulicos, cumplirá preceptivamente las siguientes condiciones:

- a) La expansión en la prueba de autoclave habrá de ser inferior al siete por mil (70/00).
- b) El contenido de cal total libre en el cemento (óxido cálcico más hidróxido cálcico) determinado según el método de ensayo UNE 7251, deberá ser inferior al 1,2 por 100 del peso total.
- c) El cemento tendrá, al menos, las garantías de producción y las características que para obtención del distintivo «Discal» regula la Orden de 31 diciembre de 1965 («Boletín Oficial del Estado» de 14 de enero de 1966), comprobadas en Laboratorio de Obra.
- d) La temperatura del cemento a su llegada a la obra no habrá de ser superior a 60° centígrados, ni a 50° centígrados en el momento de su empleo.
- e) El cemento habrá de tener características homogéneas, y no deberá presentar desviaciones en su resistencia, a la rotura por compresión a los veintiocho días, superiores al 10 por 100 de la resistencia media del 90 por 100 de las probetas ensayadas, eliminando el 5 por 100 de los ensayos que hayan dado las resistencias más elevadas y el 5 por 100 de los ensayos que hayan dado las resistencias más bajas.

El número de probetas ensayadas para comprobación de la anterior condición no será inferior a 40.

73.2. Se definirá en el proyecto el tipo de características del conglomerante a utilizar en la presa, especificándose las condiciones especiales que debe cumplir.

Se recomienda que en las presas importantes se exijan además las siguientes condiciones:

- a) Que el contenido de aluminato tricálcico no exceda del 10 por 100 del peso del cemento.
- b) Que el contenido de silicato tricálcico no exceda del 50 por 100 del peso del cemento. Es admisible sustituir las condiciones a) y b) por la de que la suma de contenidos en el cemento de aluminato tricálcico y silicato tricálcico no exceda del 58 por 100 del total.
- c) Las resistencias a compresión del mortero normal de cemento en ensayos realizados de acuerdo con el pliego de condiciones para recepción de conglomerantes hidráulicos deberán alcanzar a los noventa días y sobre el 90 por 100 de las probetas los siguientes valores: De 250 kilogramos/centímetros cuadrados; 350 kilogramos/centímetros cuadrados, y 450 kilogramos/centímetros cuadrados, respectivamente, para los cementos a emplear en las zonas de la presa para las que, según el proyecto, se deduzcan cargas de trabajo inferiores a 35 kilogramos/centímetros cuadrados entre 35 y 50 kilogramos/centímetros cuadrados y superiores a 50 kilogramos/centímetros cuadrados; sin embargo, los ensayos de recepción del cemento se basarán en las resistencias a los siete y veintiocho días, cuya correlación con la resistencia a los noventa días se determinará por ensayos sistemáticos.

73.3. El almacenamiento de los conglomerantes en la obra se organizará de manera que cada cemento de diferente procedencia se almacene separadamente. Los silos tendrán capacidad suficiente para que puedan hacerse los ensayos más importantes antes de proceder a su empleo.

73.4. Cuando el plazo de almacenamiento exceda de los tres meses, los cementos se ensayarán de nuevo antes de su empleo.

#### ***Artículo 74. Dosificaciones de cemento.***

74.1. La dosificación del cemento en el hormigón se determinará en conformidad con las características exigidas en el proyecto para el hormigón destinado a cada zona de la presa.

Se recomienda no emplear dosificaciones de cemento más elevadas que las necesarias para lograr las características exigidas al hormigón, tanto fresco como endurecido.

74.2. Salvo justificación especial, en ninguna zona resistente de la presa se admitirá una dosificación inferior a 140 kilogramos de conglomerante por metro cúbico de hormigón.

Se recomienda no utilizar dosificaciones superiores a 300 kilogramos de cemento por metro cúbico de

hormigón, a no ser que se adopten precauciones especiales para disipar el calor de fraguado.

***Artículo 75. Agua de amasado.***

75.1. El agua de amasado del hormigón cumplirá las especificaciones de la instrucción vigente para el proyecto y ejecución de obras de hormigón del Ministerio de Obras Públicas.

***Artículo 76. Aditivos al hormigón.***

76.1. Los elementos aditivos que se incorporen al cemento, tanto en su proceso final de fabricación como en el momento del amasado de las mezclas en obra, reunirán las propiedades necesarias para que las fábricas que con ellos se preparen cumplan las prescripciones establecidas en el pliego de condiciones.

Se recomienda estudiar la conveniencia de añadir al cemento en fábrica o en obra materiales que fijen la cal libre y liberada y reduzcan el calor del fraguado, tales como puzolanas, escorias granuladas de alto horno, cenizas volantes, etc., cuyo empleo puede redundar, además, en un ahorro de conglomerantes.

76.2. Antes de emplear aditivos de carácter puzolánico, plastificantes, aireantes, etc., deberá ensayarse en laboratorio su influencia sobre las características del hormigón establecidas en el pliego de condiciones.

***Artículo 77. Hormigones.***

77.1. Los distintos tipos de hormigón necesarios vendrán especificados en el pliego de condiciones del proyecto, referidos a las características técnicas adecuadas a cada caso.

No es recomendable limitar éstas a un simple anticipo de dosificaciones.

Se consideran como características fundamentales, relacionadas en el orden de su más frecuente utilización, las siguientes:

- a) Resistencia a compresión.
- b) Densidad aparente.
- c) Permeabilidad.
- d) Calor de fraguado.
- e) Resistencia a las heladas.
- f) Resistencia a las aguas agresivas.

77.2. No se permitirá el empleo de hormigones de consistencia fluida.

Se recomienda reducir la relación agua/cemento a fin de obtener la máxima resistencia con mínimo calor de fraguado y mínimo consumo de cemento todo ello previa la comprobación experimental permanente de que el hormigón fresco es fácil de colocar y consolidar con los medios exigidos al constructor.

***Artículo 78. Fabricación de hormigones.***

78.1. Para el hormigón que se emplee en el cuerpo de la presa es preceptivo dosificar en peso los ingredientes, usando los aparatos adecuados. La precisión de estos dosificadores habrá de garantizar un error medio no superior al 1 por 100 para el cemento, agua y aditivos, y al 3 por 100 para los áridos.

78.2. El agua añadida se acomodará a la humedad contenida en los áridos. Por ello es preceptivo el control de esta variable. Serán obligatorias, como mínimo, una determinación diaria en los áridos gruesos y dos en las arenas, y cada vez que se observen variaciones de consistencia en el hormigón fresco. La determinación se efectuará antes de reanudar el hormigonado después de una parada de duración superior a una hora.

Es práctica recomendable que el sistema de control se prevea de acuerdo con la disposición de ensilado.

Se recuerda la existencia de dispositivos automáticos de registro de humedad, que son los más adecuados en obras importantes.

También es práctica utilizable el empleo de picnómetro para muestras de arenas tomadas de los dosificadores.

78.3. La uniformidad del hormigonado se controlará a la salida de la hormigonera, con una muestra cada quince amasadas como mínimo y cada vez que se varíe la dosificación. Estas muestras se someterán a la prueba de asiento realizada de acuerdo con el método de ensayo UNE 7103.

78.4. En la hormigonera no se mezclarán masas frescas que contengan distintos tipos de cemento.

78.5. Cuando se prevea o decida el empleo de hormigones, que requieran procedimientos especiales para su fabricación, se especificarán oportunamente las condiciones que deben satisfacer.

#### ***Artículo 79. Aireación del hormigón.***

79.1. Es preceptivo controlar el porcentaje de aire ocluido cuando se empleen como aditivos agentes aireantes. Se efectuará una determinación cada vez que la colocación en obra acuse variaciones sensibles de plasticidad o docilidad, a fin de rectificar, si procede, la dosificación y como mínimo una vez al día.

Se recuerda que una de las consecuencias del uso de los agentes aireantes es la de compensar una reducción de arena, de volumen absoluto aproximadamente igual al del aire ocluido.

Se recomienda que el hormigón fresco, una vez vibrado, no contenga más del 3,5 por 100 de aire ocluido.

#### ***Artículo 80. Transporte y puesta en obra del hormigón.***

80.1. Entre la fabricación del hormigón y su colocación y consolidación en obra no debe transcurrir más del 80 por 100 del tiempo de iniciación del fraguado del cemento empleado, determinado según el pliego general de condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos.

80.2. El transporte y colocación del hormigón se hará de modo que no produzca disgregación de sus componentes.

Se prohíbe, salvo justificación especial en cada caso, el empleo de canaletas o dispositivos similares para transportes a más de 5 m de distancia.

Se reducirán al mínimo posible el número de vertidos de una misma masa, así como la altura de caída en cada vertido, incluso a través de trompas de elefante, la cual nunca deberá exceder de 2,5 m.

80.3. Los bloques de la presa se hormigonarán por tongadas sucesivas, hasta alcanzar el espesor del tajo de hormigonado previsto en el proyecto.

80.4. Salvo justificación, la consolidación del hormigón y la trabazón entre tongadas sucesivas se realizará por vibración interna de la masa. La vibración se mantendrá el tiempo estricto para que refluya a la superficie la lechada de cemento y se eviten tanto las coqueras como que las piedras queden en contacto entre sí.

#### ***Artículo 81. Curado del hormigón.***

81.1. Durante el período de fraguado del hormigón se mantendrá su humedad y se evitará que soporte sobrecargas.

81.2. Una vez fraguado el hormigón, se mantendrán húmedas sus superficies externas durante un plazo de diez días mediante procedimientos que eviten las alternativas de hormigón húmedo y seco.

#### ***Artículo 82. Juntas del hormigonado.***

82.1. Cuando sea preciso realizar juntas de hormigonado no previstas en el proyecto, se dispondrán en zonas donde su efecto sea menos perjudicial y de modo que sus superficies sean lo más posible, normales a las direcciones de máxima compresión.

82.2. Las juntas de trabajo se someterán al tratamiento definido en el pliego de condiciones.

Se recomienda lavar la superficie de la junta de trabajo con una mezcla de agua y aire a presión, hasta eliminar la capa de lechada refluida y dejar al descubierto el árido grueso, pero sin removerlo. Esta operación se realizará entre las cuatro y diez horas después de iniciado el fraguado. En caso de no haber sido posible aplicar este tratamiento, se pueden picar enérgicamente las superficies de las juntas de hormigonado, o bien emplear otro procedimiento que se justificará debidamente. Se evitará el picado de las superficies de hormigón tierno con menos de tres días de edad.

82.3. Para reanudar el hormigonado sobre superficies cuyo fraguado se haya iniciado o para comenzar sobre el terreno natural, se lavarán dichas superficies con chorro de agua y aire a presión y se eliminarán después los charcos de agua que hayan podido quedar.

Se recomienda, una vez limpias y húmedas las superficies que limitan el tajo de hormigonado, aplicar una capa de montero grueso, cuya composición sea la misma del hormigón que se vaya a colocar, suprimiendo los áridos de grueso superior a unos 30 mm, debiendo cubrirse con hormigón esta capa de mortero antes de que se inicie su fraguado.

82.4. Se evitará el contacto de masas frescas de hormigón preparadas con distinto tipo de conglomerante.

#### ***Artículo 83. Hormigonado en tiempo frío.***

83.1. En tiempo frío se observarán para el hormigonado las normas señaladas en la vigente Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón.

Se recomienda en épocas con peligro de helada proteger las superficies de hormigón recién fabricado mediante cubrición con lonas u otros elementos dejando cámaras de aire que se calentarán artificialmente y cuidando de mantener húmedo el ambiente de la cámara.

Se recomienda proteger del hielo y la escarcha los áridos que hayan de emplearse en el día.

83.2. No se colocará hormigón fresco sobre superficies heladas.

#### ***Artículo 84. Precauciones para acelerar la disipación del calor de fraguado.***

84.1. De acuerdo con las directrices del proyecto, se estudiará el plan de hormigonado de la presa, con la distribución de bloques y su orden de construcción, espesores de hormigonado ininterrumpido, intervalos para reanudación del hormigonado en un mismo bloque y demás medidas conducentes a reducir el calor de fraguado y activar su eliminación.

En obras de grandes espesores se recomienda a estos efectos:

- a) Utilizar cementos con reducido calor de fraguado y con dosificaciones moderadas de aquéllos.
- b) Enfriar el agua de amasado o adicionar hielo triturado, sustituyendo a una parte de aquélla.
- c) Mantener los áridos a temperaturas moderadas.
- d) Disponer refrigeración artificial del hormigón colocado.

84.2. El espesor del hormigonado ininterrumpido en cada bloque no será superior a 1,50 m, excepto en los casos en que se adopten métodos especiales, justificados para la evacuación del calor de fraguado.

84.3. Las precauciones anteriores y las de curado del hormigón a que se refiere el artículo 81 deberán extremarse en tiempo caluroso.

#### ***Artículo 85. Pruebas y ensayos del hormigón.***

85.1. La vigilancia y el control de la calidad de los materiales constitutivos del hormigón, de su composición y propiedades, se realizarán en un laboratorio debidamente equipado para hacer los ensayos fijados en el pliego de condiciones.

85.2. Los resultados de los ensayos obtenidos en los laboratorios, correctamente clasificados, se incorporarán al Archivo Técnico de Construcción.

85.3. Las probetas de ensayo se prepararán con hormigón fresco tomado en obra, de acuerdo con el método de ensayo UNE 7239.

85.4. En los conductos de drenaje se efectuarán pruebas periódicas de permeabilidad del hormigón mediante el llenado de aquéllos con agua y observación de las pérdidas.

85.5. Para la construcción de la presa se preparará un programa en el que se especifiquen las pruebas y ensayos a realizar, su frecuencia y su sistema de ejecución.

Es recomendable realizar los siguientes ensayos con las frecuencias y normas que se indican:

A) Granulometría de los áridos: cada 2.500 metros cúbicos de hormigón, y por lo menos una vez por semana. Método de ensayo UNE 7139.

B) Humedad libre de las arenas: cada dos horas y, en todo caso, siempre que se produzcan variaciones sensibles de docilidad en el tajo o de más de cinco milímetros en la prueba de asiento en cono de Abrams. Método de ensayo UNE 7252.

C) Asiento en cono de Abrams. Con la frecuencia indicada en el apartado 78.3. Método de ensayo UNE 7103.

D) Resistencia mecánica y densidad. Toma de muestras en descarga de hormigonera, cuando menos una vez por turno de hormigonado y por cada tipo de hormigón. En obras de gran intensidad de hormigonado se realizará, al menos, un ensayo por cada turno de trabajo, tajo y tipo de hormigón.

De cada muestra se prepararán como mínimo nueve probetas, destinadas: tres, a la rotura a los siete días, y seis, a la rotura a los veintiocho días. Cuando se pretenda realizar ensayos de rotura a los noventa días se fabricarán seis probetas más por muestra.

Para el ensayo de resistencia a la compresión de los hormigones de presa podrán usarse probetas de las siguientes dimensiones:

a) Probeta cilíndrica de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura.

b) Probeta cilíndrica de 30 centímetros de diámetro y 45 centímetros de altura.

c) Probeta cúbica de 30 centímetros de arista.

Los coeficientes de seguridad se refieren a las resistencias obtenidas con probetas del tipo a), por lo que, en caso de utilizarse en obra probetas de los tipos b) y c), se establecerá, mediante los ensayos oportunos, la correlación entre las cargas de rotura obtenidas con los diversos tipos de probetas.

Las probetas cúbicas de 30 centímetros de lado y las cilíndricas de 30 centímetros de diámetro se prepararán incluyendo todos los tamaños del árido del hormigón ensayado. Para las probetas cilíndricas de 15 centímetros de diámetro se cribará el hormigón fresco con un tamiz de malla cuadrada de 50 milímetros de lado.

La fabricación de las probetas se realizará de acuerdo con el método de ensayo UNE 7240.

Se recomienda comprobar el grado de homogeneidad del hormigón ejecutado mediante el cálculo de las desviaciones medias cuadráticas, relativas de la resistencia a compresión, por períodos de noventa días y a lo largo de toda la obra.

E) Resistencia a ciclos de hielo y deshielo. Cuando la presa haya de estar expuesta a condiciones meteorológicas adversas, se prepararán probetas para someterlas a ciclos de hielo y deshielo y determinar

su pérdida de resistencia, en comparación con el correspondiente a una probeta conservada en el agua. Frecuencia del ensayo: una vez a la semana por cada tipo de hormigón empleado.

Los resultados de estas pruebas conviene que sean periódicamente convalidados por ensayos análogos realizados en un laboratorio oficial, y asimismo que se contrasten periódicamente los aparatos de laboratorio empleados.

Cuando hayan de utilizarse tipos de hormigón diferentes de los seleccionados por los ensayos previos, el Ingeniero Director de la obra especificará la clase y frecuencia de los ensayos a realizar.

#### ***Artículo 86.Mampostería.***

86.1. Las piedras para mampostería deberán tener resistencia suficiente, textura compacta y uniforme, ser sanas y resistentes a los agentes atmosféricos.

86.2. Se eliminarán de los mampuestos las exfoliaciones y los materiales adheridos, así como las irregularidades de las caras que puedan dificultar la adherencia entre la piedra y el mortero. Antes de colocar los mampuestos se lavarán y limpiarán con cepillo de alambre u otro procedimiento adecuado.

86.3. El mortero empleado debe ser impermeable, y su granulometría, dosificación en conglomerante, tipo de éste y métodos de fabricación se cuidarán con precauciones análogas a las descritas para el hormigón de presas.

86.4. La consistencia del mortero a la salida de la hormigonera deberá ser tal que permita una buena manipulación en obra, prohibiéndose la adición posterior de agua.

86.5. Los mampuestos, previamente humedecidos, se asentarán sobre mortero y deberán quedar completamente envueltos cada uno de ellos por este material. Se evitará cualquier movimiento de una piedra ya asentada.

86.6. La diferencia de altura entre los bloques ejecutados consecutivamente no deberá pasar, como regla general de 1,5 metros para evitar diferencias de asiento, origen de posibles fisuraciones.

86.7. En el caso de que la fabricación de mampostería en un bloque se interrumpa más de tres horas se picará el mortero de las juntas de modo que se obtengan superficies rugosas de asiento y se limpiarán las mismas, lavándolas con chorro de agua a presión. La nueva capa de mampostería se asentará sobre un lecho de mortero rico.

86.8. Se mantendrán húmedas las superficies, al menos, durante tres días, a partir de su fabricación, salvo que sobre ellas se continúe antes el trabajo.

86.9. En caso de heladas o de frío intenso se suspenderán los trabajos de mampostería y se protegerá la fábrica recién construida.

### **III C. Normas particulares aplicables a presas de materiales sueltos**

#### ***Artículo 87.Tierras.***

87.1. Las tierras empleadas en la construcción de la presa serán sometidas a los ensayos oportunos para definir sus características, de acuerdo con la función que hayan de cumplir en la parte de la presa a la que se destinen.

A título de sugerencia, sin que ello implique prescripción ni limitación, pueden citarse los siguientes ensayos: Granulometría, límites de Atterberg, peso específico de las partículas, humedad natural en cantera, densidad aparente en cantera, ensayo Proctor de compactación, grado de saturación en condiciones Proctor, permeabilidad, compresibilidad, entumecimiento, resistencia al esfuerzo cortante, variación de la presión intersticial con las tensiones, contenido en materia orgánica, sales solubles, sulfatos, carbonatos y análisis mineralógico.

87.2. En particular, no deberán emplearse tierras que contengan proporciones apreciables de materia

orgánica o de sales solubles.

### ***Artículo 88.Escollera.***

88.1. La piedra que se emplee en las zonas proyectadas con material grueso deberá tener resistencia mecánica a la acción del agua y a los agentes atmosféricos.

88.2. Se efectuarán con ella los ensayos necesarios para determinar sus características a este respecto.

A título de sugerencia, sin que ello implique prescripción ni limitación, pueden citarse: Análisis petrográfico y químico, peso específico real y aparente, absorción de agua, granulometría, resistencia a la compresión, coeficiente de desgaste de Los Ángeles, friabilidad, proporción de partículas blandas, proporción de terrenos de arcilla y durabilidad. También pueden efectuarse pedraplenes experimentales en condiciones análogas a las de la obra, realizando en ellos ensayos de densidad aparente, compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante, etc. Algunas de estas características pueden determinarse también en el laboratorio con medios adecuados.

### ***Artículo 89.Ejecución de las presas y núcleos de tierra apisonada.***

89.1. Durante la construcción de estas presas deberán tomarse las precauciones precisas para obtener la compacidad y el grado de humedad correspondientes a las características previstas de permeabilidad, deformabilidad, estabilidad y resistencia. A tal fin, en el proyecto deberán hallarse especificadas las condiciones que deben cumplir las tierras, una vez apisonadas, para el adecuado comportamiento de la presa, de acuerdo con las hipótesis que hayan servido de base para dicho proyecto.

89.2. A la vista de estas condiciones, de la calidad de los materiales que se vayan obteniendo en las canteras y de los resultados de la compactación, el Ingeniero Director de la obra formulará, para cada una de las zonas de la presa, una lista de condiciones, en la que figure el uso en que debe quedar comprendida la composición granulométrica de las tierras, valores extremos admisibles de los límites de Atterberg, tolerancia en el grado de humedad final de la compactación y grado de compactación que debe conseguirse. Esta lista de condiciones se incluirá en el Libro Técnico de la presa. Podrán introducirse variaciones en la misma, a la vista de los resultados que se vayan obteniendo; pero toda modificación deberá consignarse asimismo en dicho libro.

Es muy recomendable que para fijar estas condiciones se ejecuten ensayos de compactación a gran escala, utilizando los medios mecánicos que se vayan a emplear en la obra u otros equivalentes.

89.3. Aparte de los ensayos de recepción de la tongada correspondiente, que serán los enumerados en dicha lista de condiciones, se determinarán periódicamente la humedad natural, la composición granulométrica y los límites de Atterberg del material en cantera, que regirán las correcciones de composición y contenido de agua.

Se recomienda, en suelos arcillosos, que este contenido se ajuste en cantera por medio de riegos o inundación previa hasta una humedad próxima a la requerida para la compactación, de forma que después del transporte a la presa sean necesarias tan sólo pequeñas correcciones. En el caso de exceso de agua en dicha cantera, se recomienda instalar un sistema de drenaje u otra disposición que conduzca a disminuir este exceso.

89.4. Las tierras se extenderán en capas cuyo espesor máximo dependerá de su naturaleza y de los medios mecánicos de compactación de que se disponga.

En las zonas impermeables a las que esté confiada la misión de impedir el paso del agua a través de la presa conviene extender las tierras por fajas o calles en el sentido longitudinal de la misma, de modo que estas últimas nunca ocupen más del tercio de la anchura de la zona. Esta práctica, disminuye la anisotropía del conjunto de la zona impermeable y el riesgo de que, por una irregularidad de cantera, se forme un conducto permeable a través de la misma zona.

89.5. La compactación podrá hacerse con rodillos, vibradores u otros medios adecuados a la calidad de las tierras. Siempre será necesario hacer ensayos previos para comprobar que el medio elegido es realmente eficaz.

89.6. La unión del cuerpo de la presa con el terreno se hará tomando las medidas necesarias para un enlace adecuado, muy especialmente en las zonas a las que se confía la impermeabilidad de la presa y en el relleno de las zanjas de rastrillos, en las que habrá que conseguir que no queden materiales extraños o removidos o enfangados que puedan perjudicar la impermeabilidad.

Cuando el terreno de asiento de la presa sea arcilloso, es conveniente escarificarlo y humedecerlo para facilitar el mencionado enlace. Si consiste en roca, es conveniente prepararlo con una limpieza cuidadosa y un enlucido de mortero con cemento y arcilla que dé una superficie más apta para ligar con las tierras. Si la roca está fisurada, convendrá descarnar dichas fisuras, llagueándolas después con el mortero antedicho y enluciendo, finalmente, el conjunto con un espesor suficiente para absorber todas las irregularidades. En este último caso puede ser también aconsejable tratar la roca con inyecciones superficiales.

89.7. El grado de compactación alcanzado y la humedad durante las operaciones de apisonado de las tierras se obtendrán mediante determinación «in situ» de la densidad del terraplén construido.

Convendrá también tomar periódicamente muestras de la parte ya construida, a cierta profundidad, por sondas u otro medio, a fin de comprobar la conformidad de los resultados con las previsiones del proyecto. Estas muestras conviene que se tomen, al menos, cada cinco metros de altura y en puntos diversos de la obra, especialmente en los sitios de compactación más difícil o menos regular, como son las zonas próximas a obras de fábrica, en los bordes y en los lugares de giro de las máquinas de compactación.

89.8. En las regiones y épocas lluviosas deberán tomarse precauciones especiales, disponiendo los trabajos de forma que el agua de lluvia pueda evacuarse fácilmente y no forme charcos en la superficie. De no disponer de protección suficiente en caso de lluvia, los trabajos de compactación se suspenderán hasta que puedan conseguirse de nuevo las condiciones adecuadas.

89.9. En ningún caso se efectuarán trabajos de relleno sobre suelos helados. Tampoco se deberán colocar tierras heladas como material de relleno.

En el caso de que la temperatura ambiente esté tan sólo algunos grados bajo cero, puede ser posible continuar los trabajos, ya que la profundidad de penetración de la helada es escasa. El peligro mayor es el de que se hiele, durante una interrupción en el trabajo, la última capa colocada, por lo que deberá examinarse cuidadosamente su estado al reanudar el mismo.

89.10. En el caso de que por cualquier circunstancia se hayan interrumpido las operaciones de construcción durante largo tiempo, se estudiará, con el mayor cuidado, hasta qué profundidad ha llegado la influencia de los agentes atmosféricos en forma de descompactación de fisuración o de variación del grado de humedad, procediendo a levantar todo el espesor afectado y a sustituirlo o recompactarlo en condiciones análogas a las del resto del terraplén.

89.11. La construcción de la presa deberá hacerse con perfil superabundante respecto del perfil tipo del proyecto, a fin de prever los asientos de cimientos y presa y las necesidades de perfilado. La cuantía del exceso necesario deberá estudiarse y constará explícitamente en el proyecto.

#### ***Artículo 90. Ejecución de presas por el procedimiento hidráulico.***

90.1. En el estado actual de la técnica, este procedimiento es excepcional y tan sólo puede recomendarse en obras de gran importancia, en donde se pueda mantener una inspección constante con personal muy cualificado, disponiendo, a pie de obra, de un laboratorio y de medios de auscultación excelentes y profusamente distribuidos en el cuerpo de la presa y en el terreno de cimentación.

90.2. En este método, el proceso de formación del relleno se efectúa por sedimentación, obteniéndose un material cuyas propiedades dependen de las tierras dragadas, la concentración de la suspensión, la velocidad del agua y el calado en los recintos de sedimentación, etc., constituyendo un conjunto que requiere una vigilancia constante, una toma continua de muestras y un ensayo posterior en el laboratorio.

90.3. La vigilancia, mediante toma de muestras y ensayos, se extenderá al total de la presa y construida en cada momento y no tan sólo a la capa que se esté formando. Así, pues, al menos mensualmente, se efectuarán durante todo el tiempo de la construcción sondeos que atraviesen todo el espesor de la presa,

con toma de muestras, o bien con ensayos de penetración o con molinete, para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante, y se prodigarán los elementos de auscultación, a fin de poder tener un conocimiento preciso de la evolución de la presa.

90.4. Se cuidará de disponer numerosas mamparas de guía de los filetes líquidos y suficientes cajas de evacuación de las aguas de uno a otro recinto y del último de éstos al exterior para poder tener en cada momento el control más exacto del calado y velocidad de la suspensión y conseguir un relleno homogéneo dentro de cada una de las zonas previstas en el proyecto.

90.5. Se vigilará el contenido en materia sólida de las aguas evacuadas para que no puedan producirse sedimentaciones aguas abajo de la obra que originen daños en otros tramos del río. Si fuera necesario se construirá otro recinto de sedimentación en algún lugar apropiado, donde se depositen los finos evacuados. Este problema se presenta especialmente en el caso de presas mixtas, en las que con frecuencia se busca tan sólo constituir por este método un espaldón francamente permeable, eliminando los finos.

90.6. El procedimiento de relleno hidráulico admite el empleo de diversos medios de consolidación de los materiales depositados y, en particular, la compactación de las zonas arenosas mediante vibradores sumergidos.

### ***Artículo 91. Ejecución de escolleras.***

91.1. Deberá establecerse un control en cantera, examinando la escollera obtenida desde el punto de vista de su granulometría, forma de bloques y resistencia, tanto mecánica, como a la acción del agua y de los agentes atmosféricos.

91.2. En las zonas de escollera vertida se deberá regar constantemente durante las operaciones de puesta en obra con chorros de agua a presión, dirigidos preferentemente sobre los materiales más recientemente colocados. La cantidad de agua empleada en el riego será, al menos, igual al doble del volumen de la escollera colocada en el mismo tiempo.

La cantidad de agua precisa podrá estimarse a la vista de los resultados obtenidos; pero, en términos generales, puede decirse que, en el caso más favorable, no deberá bajar del doble del volumen de la escollera, y es difícil que necesite ser mayor de cinco veces el mismo volumen.

La cantidad de agua necesaria es menor con escollera de tamaño muy uniforme, de forma redondeada y roca muy resistente y poco sensible a la acción del agua, punto este último que puede definirse por la relación entre la resistencia a la compresión de una muestra seca y otra que haya estado sumergida en agua durante varias semanas, o mejor, que haya sido hervida o tratada en autoclave. La cantidad de agua se aproximará al límite máximo en escolleras con muchos finos al salir de la cantera, o con aristas vivas que produzcan finos durante la operación de vertido, o en el caso de rocas muy sensibles a la acción del agua.

91.3. Tan sólo se podrá prescindir del riego en aquellas zonas en las que no importe la producción de grandes asientos y siempre que aquella prescripción esté especificada en el pliego de condiciones de la obra.

91.4. En las zonas de escollera apisonada o vibrada, el riego puede ser mucho menos abundante que en el caso anterior. El volumen de este riego, así como el espesor de la tongada y las condiciones de compactación, deberán fijarse con ensayos previos en pedraplenes experimentales.

91.5. El control de la puesta en obra de la escollera se hará, en general, mediante la vigilancia del cumplimiento de las operaciones que, a partir de la experiencia adquirida en la construcción de los pedraplenes experimentales, se prescriban a este efecto, tales como riego con determinada presión y caudal, apisonado con cierto número de pasadas, etc.

Sin embargo, en obras de importancia se recomienda hacer periódicamente comprobaciones de los resultados obtenidos, especialmente de la densidad. Para ello, puede realizarse la pesada de los vehículos que transportan la escollera durante un cierto período y cubicarse por procedimientos topográficos el volumen del relleno formado, o bien puede efectuarse una excavación en el cuerpo de la presa, pesar el material extraído y cubicar el volumen de la excavación por mediación directa o mediante relleno con un

material de densidad conocida.

91.6. El replanteo de los paramentos durante la construcción deberá hacerse teniendo en cuenta los asientos y desplazamientos horizontales previsibles.

91.7. Si la impermeabilidad está confiada a pantallas de hormigón, se deberá esperar la primera consolidación de la escollera para iniciar la construcción de su capa de asiento, que suele estar constituida por mampostería en seco o grava vibrada.

91.8. La pantalla de impermeabilización se construirá lo más tarde posible para dar un plazo mayor a la producción de asientos.

## CAPÍTULO IV

### **Normas para la explotación de presas**

#### ***Artículo 92. Servicio técnico de explotación.***

92.1. En las presas explotadas directamente por el Estado, el Ingeniero Encargado asumirá la dirección de la explotación, con las funciones y responsabilidades a que se refiere el presente capítulo, pero dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación de la organización estatal.

92.2. Cuando las presas se exploten por una corporación autónoma o por una empresa, la dirección de su explotación estará a cargo de un servicio de explotación establecido dentro de la corporación o empresa, que además de atender a la explotación de los embalses responderá de la inspección, vigilancia, conservación y seguridad de las presas y, en particular, de mantener en condiciones de servicio los dispositivos de control, órganos de desagüe, accesos y comunicaciones.

92.3. El Servicio de Explotación de Presas estará representado ante la Administración por un Ingeniero, cuya designación se someterá a la aprobación de la Dirección General de Obras Hidráulicas por conducto reglamentario.

92.4. El Servicio de Explotación de Presas se hará cargo de los Archivos Técnicos de la construcción de cada una de ellas, al objeto de que exista continuidad entre las fases de construcción, puesta en carga y explotación.

92.5. En el caso de iniciarse la explotación parcial de un embalse se procederá de acuerdo con el artículo 67, y el Servicio de Explotación de la Presa no podrá tomar ninguna decisión sin la conformidad del Ingeniero Director de la construcción de aquélla.

#### ***Artículo 93. Personal auxiliar de explotación.***

93.1. El Servicio Técnico de Explotación de la Entidad propietaria o concesionaria de la presa y de su embalse organizará el personal auxiliar en la forma adecuada para atender a los servicios de vigilancia, conservación, aforos y maniobra de compuertas del aliviadero y órganos de cierre de los desagües.

93.2. Este personal, libremente designado por la Entidad propietaria o concesionaria, deberá estar instruido en su cometido y dispondrá de normas concretas para su actuación.

#### ***Artículo 94. Normas de explotación, conservación y vigilancia.***

94.1. El Servicio Técnico de Explotación de una presa, después de estudiar su proyecto y su Archivo Técnico de Construcción, redactará las normas de explotación, conservación y vigilancia de la presa que, dentro del plazo señalado por la Dirección General de Obras Hidráulicas, serán remitidas a ésta por conducto reglamentario, para su estudio y aprobación.

94.2. Estas normas deberán incluir las disposiciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento y seguridad de la presa, tanto en condiciones normales como en las extraordinarias que fueren previsibles.

Dichas normas se referirán a los siguientes temas:

- a) Registro de datos meteorológicos, de precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas.
- b) Registro y vigilancia de los niveles de embalse.
- c) Estimación diaria de las aportaciones afluentes al embalse y de los volúmenes desaguados.
- d) Consignas de actuación en presencia de una crecida, resguardos convenientes, velocidad de variación de la cota del embalse, orden y amplitud con que deben maniobrase las compuertas y manera de avisar de los riesgos que pudieran existir aguas abajo.

Las normas de explotación de los aliviaderos deberán exigir que se maniobren las compuertas de manera que el nivel del embalse no se eleve sobre su máximo normal antes de que las compuertas queden completamente abiertas.

- e) Inspección y conservación de las compuertas y mecanismos de los aliviaderos y de los desagües.
- f) Inspección y vigilancia de las galerías y filtraciones.
- g) Recogida de datos de los dispositivos de auscultación y control, con indicaciones de la frecuencia con que debe realizarse.
- h) Conservación de las fábricas, de los sistemas de comunicación y de las demás instalaciones.

94.3. Aprobadas estas normas, el Servicio Técnico de Explotación responderá de su cumplimiento.

#### ***Artículo 95. Libro técnico de la presa.***

95.1. El Libro Técnico de la Presa, con las características que fija el artículo 60, será continuado durante la explotación, anotándose en él las observaciones obtenidas en las visitas periódicas realizadas por los Ingenieros del Servicio de Explotación, así como las incidencias más notables ocurridas durante la misma, en especial las referentes a averías, evacuación de avenidas y contingencias o riesgos extraordinarios. Todas las anotaciones de este libro, cualquiera que sea la persona que las efectúe, deberán estar revisadas, fechadas y firmadas por el Ingeniero del Servicio Técnico de Explotación que realice la inspección periódica.

95.2. Los Servicios de Inspección de la Dirección General de Obras Hidráulicas recabarán, cuando lo crean necesario, una información periódica en forma de partes análogos a los de construcción.

#### ***Artículo 96. Archivo técnico de explotación.***

96.1. En las oficinas del Servicio Técnico de Explotación de la Entidad propietaria o concesionaria de la presa, se constituirá un Archivo Técnico de Explotación, que estará formado por un ejemplar de la Memoria mencionada en el artículo 68, junto con los planos a ella anexos y la totalidad de los documentos que integren el Archivo Técnico de la construcción de la presa.

96.2. En el Archivo Técnico de Explotación se incluirán también las observaciones, datos y registro de las operaciones que el personal encargado recoja en el curso de la explotación de la presa.

96.3. Salvo casos especiales, se registrarán los datos sobre las materias siguientes:

- a) Registro de datos meteorológicos.
- b) Registro diario de niveles de embalse.
- c) Aportaciones diarias en épocas normales.
- d) Registro de caudales, cada dos horas, durante las avenidas.
- e) Aforos de las filtraciones en las inmediaciones de la presa y en el interior de las galerías de inspección.

f) Análisis de las aguas de filtración.

g) Lecturas de los aparatos de auscultación y control existentes.

96.4. Todos los documentos del Archivo Técnico de Explotación estarán a disposición del personal encargado de los Servicios de la Inspección.

***Artículo 97. Medidas de urgencia.***

97.1. El Servicio Técnico de Explotación de la presa dará cuenta a la mayor brevedad posible al Organismo estatal encargado de la inspección técnica de la presa y a los Servicios de su vigilancia de la Dirección General de Obras Hidráulicas, de las eventualidades que se presenten y sean capaces de afectar a la seguridad de la obra o de que existan indicios de que sus condiciones de estabilidad han sido alteradas. En casos de urgencia que, a juicio del Servicio Técnico de Explotación, requieran medidas inaplazables, tales como vaciados de embalse, refuerzo y reparaciones provisionales, etcétera, podrá realizarlas dando cuenta al tiempo de iniciarlas y por el medio más rápido posible a los servicios estatales encargados, tanto de la inspección como de la vigilancia de presas de la Dirección General de Obras Hidráulicas, a los efectos consiguientes.

***Artículo 98. Auscultación de presas.***

98.1. Durante la primera fase de la explotación de la presa se completará o modificará, de conformidad con las experiencias recogidas, el sistema de auscultación previsto en el proyecto, de acuerdo con los artículos 22, 49 y 58, según el caso, a fin de que proporcionen la mayor información posible sobre el comportamiento de la obra.

98.2. Cuando en la zona de la presa se registre un terremoto de grado superior a V en la escala de Morcalli (Wood-Neumawn), se realizará un reconocimiento cuidadoso de la presa, filtraciones y niveles freáticos; y sus resultados se incluirán en el «Libro Técnico de la Presa».

***Artículo 99. Presas construidas antes de entrar en vigencia la presente Instrucción.***

99.1. En las presas construidas antes de entrar en vigencia la presente Instrucción serán de aplicación todas las prescripciones contenidas en este capítulo.

99.2. Para poder juzgar de una manera rápida sobre la seguridad de la presa, se indican a título informativo, sin que implique prescripción ni limitación, las siguientes evaluaciones:

a) Medida por procedimientos elementales de los movimientos relativos entre la presa y el terreno.

b) Medida de subpresiones, especialmente en el contacto de la presa con el terreno.

c) Filtraciones a través de la presa y del terreno.

d) Análisis de las aguas de filtración.

***Artículo 100. Abandono y demolición de presas.***

100.1. Cuando sea necesario proceder al abandono o demolición de una presa, la Dirección General de Obras Hidráulicas deberá aprobar el plan de obras a realizar para dejar el río en condiciones de discurrir sin peligro para la zona de aguas abajo.

En ningún caso la Administración permitirá el abandono de una presa sin tomar las medidas adecuadas para garantizar la seguridad de dicha zona.

## **ANEXO: IMAGENES**



